

UNTERSUCHUNGEN
STIMMHAFTER UND STIMMLOSER KONSONANTEN
MITTELS DER GLOTTOGRAPHIE

Hans-Martin THEOPOLD

1970

AUS DER HALS-, NASEN- UND OHRENKLINIK
DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Direktor: Prof. Dr. A. Herrmann

UNTERSUCHUNGEN
STIMMHAFTER UND STIMMLOSER KONSONANTEN
MITTELS DER GLOTTOGRAPHIE

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfaßt und
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Hans-Martin T h e o p o l d

aus Hameln

München 1969

Gedruckt mit der Genehmigung der Medizinischen
Fakultät der Universität München

Berichterstatter:	Priv.-Doz. Dr.E.LOEBELL
Mitberichterstatter:	Prof. Dr. A.HERRMANN
Dekan:	Prof. Dr. KRAFT

Tag der mündlichen Prüfung: 10. 3. 1970



Г



Digitized by the Internet Archive
in 2026

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

A EINFÜHRUNG

Geschichte der Kehlkopfuntersuchungen

- Indirekte Laryngoskopie
- Stroboskopie
- Direkte Laryngoskopie
- Stimmlippenbeobachtungen in einem Kondensatorsystem
- Elektroglottographie (EGG)

Anatomie des Kehlkopfes

- Knorpel
- Gelenke
- Muskeln (Anatomie, Funktion)
- Innervation des Kehlkopfes (motorische, sensible Innervation)

Physiologie der Stimmbildung

- Schwingungen des Stimmlippen
- Druckverhältnisse
- Elastizität der Stimmbänder
- Entstehung der Schallwellen
- Frequenz und Höhe eines Tones
- Schallintensität
- Luftströmungsverhältnisse beim Phonieren
- Subglottischer Druck
- Horizontale und vertikale Stimmlippenbewegungen
- Das Phonieren bei Inspiration
- Stimmlage, Stimmwechsel, Stimmumfang, Stimmregister
- Fistelstimme, Kopf- und Bruststimme, Flüsterstimme

B HAUPTTEIL

Theorien in der Konsonanten- und Vokalbildung in der gegenwärtigen Literatur

- Problemerkörterung: Vokale - Konsonanten

Vokale

- Charakteristika der Vokale: Öffnungslaut, artikulatorische Formung, Diphthonge, Modifizierung der Vokale im Ansatzrohr
- Mund- und Nasenlaute, Funktion des Gaumensegels
- Stimmhaftigkeit der Vokale

Konsonanten

- Artikulationsgebiet, Klangcharakter
- Gruppierung der Konsonanten nach VON ESSEN
- Gruppierung der Konsonanten nach FORCHHAMMER
- Definitionen der Stimmhaftigkeit oder Stimmlosigkeit eines Konsonanten

C EIGENE UNTERSUCHUNGEN

- Untersuchungsmaterial
- Auswahl des Untersuchungsmaterials
- Verzeichnis der Versuchspersonen mit Angabe der Personalien

Versuchsaufbau

- Untersuchungsprogramm
- erweitertes Programm
- Verzeichnis des Untersuchungsprogramms mit kurzen Angaben über den Ablauf der Messungen

Untersuchungsmethoden

- Elektrolottographie (EGG)
- elektrophysikalisches Prinzip des Gerätes
- Oscillator

Glottographie nach LOEBELL und BALK:

- technische Beschreibung
- Unterschiede zu FABRE

Kathodenstrahloscillograph

Photographische Aufzeichnungen

Formantfilter

D ERGEBNISSE

Gesichtspunkte für die Auswertung

- Zeichenerklärung: Einzelaufführung und Erklärung der verwendeten Symbole

Einzelauswertung der Konsonanten

(w, s, l, m, n, l, r, b-p, d-t, g-k, etc.)

Bewertung einzelner Konsonanten nach einer Messung von 10 cm/sec Laufgeschwindigkeit

(l, r, b-p, d-t, g-k, brrr, i-i, Kapitän)

E DISKUSSION

Vergleich der eigenen Ergebnisse mit bestehenden Theorien über Stimmhaftigkeit und Stimmlosigkeit der Konsonanten

- Vergleich einzelner Konsonanten
- Anstieg und Abfall der Glottisbewegungen
- Das Glottogramm bei "Kapitän"
- Amplitudenabfall bei Bildung des Lautes i-i

F ZUSAMMENFASSUNG

G LITERATURVERZEICHNIS

H LEBENS LAUF

A E I N F Ü H R U N G

GESCHICHTE DER KEHLKOPFUNTERSUCHUNGEN

Die Stimme beschäftigt von jeher die Wissenschaft. Ärzte, Sänger, sowie Psychologen haben sich mit dem Problem der physiologischen und pathologischen Stimmgebung befaßt.

Die klinische Verwendung eines durchbohrten Hohlspiegels, so wie er in der Mitte des vergangenen Jahrhunderts von HELMHOLTZ, HOFFMANN und v. TRÖLTSCHE zur Untersuchung schwer zugänglicher Körperstellen entwickelt wurde, kann als eigentliche Voraussetzung moderner Kehlkopfuntersuchungen angesehen werden (1841 - 1855). Mit diesem Hohlspiegel läßt sich eine größere Lichtmenge auf einen Punkt konzentrieren. Dieses Prinzip hat 1858 TÜRCK und CZERMAK für eine neue Untersuchungsmethode ausgenutzt. Erstmals läßt sich unter Verwendung eines kleinen Spiegels, so wie ihn der Spanier GARCIA entwickelt hat, die indirekte Laryngoskopie am Lebenden durchführen. Führt man im Schnittpunkt der Längsachse von Mundhöhle und Kehlkopf einen kleinen Spiegel im Winkel von 45° ein und beleuchtet ihn mit dem durchbohrten Stirnreflektor, so lassen sich der Kehlkopf und seine Bewegungen spiegelbildlich beobachten, zwar auf dem Kopf stehend, jedoch seitengleich.

Variationen der indirekten Laryngoskopie lassen sich nach den Methoden von KILLIAN (Besichtigung der Laryxhinterwand), TÜRCK (Untersuchung der Kehlkopfvorderwand) oder AVELLIS (Untersuchung der seitlichen Kehlkopfwand) durchführen.

1878 führt OERTEL die Stroboskopie ein, die speziell der Beurteilung des Schwingungsablaufes der Stimmlippen dient. Beleuchtet man die Glottis mit Lichtblitzen von genau der Frequenz des gesungenen Tones, so ergibt sich aufgrund der Interferenz ein scheinbarer Stillstand der Stimmlippen. Wird aber die Frequenz der Lichtblitze mittels der Lochscheibe ge-

ringförmig verändert, so entsteht eine stark verlangsamte Schwingung, deren Ablauf den tatsächlichen Verhältnissen entspricht. Auf diese Weise lassen sich der Bewegungsablauf, die Regelmäßigkeit der Schwingungen, ihre Amplitude, sowie das Verhältnis zwischen Öffnungs- und Schließungsphase der Glottis beobachten.

KALLEN und POLLIN haben eine technische Verbesserung dieses Verfahrens entwickelt. Sie steuern mit der Tonfrequenz der Versuchsperson die Stromzufuhr der Lichtquelle so, daß in jedem Fall die Frequenz des Stroboskopes mit der jeweiligen Tonfrequenz übereinstimmt.

H.LOESELL hat Verbesserungen der sogenannten physiologischen Stroboskopie vorgenommen. Um exaktere Messungen zu erhalten, führt er eine zündungsfreie Glimmlampe als Lichtquelle ein.

Die direkte Laryngoskopie hat erstmals 1894 KIRSTEIN angewendet. Bei dorsalflektiertem Kopf des Patienten läßt sich ein starres Rohr einführen und direkte Beobachtungen am Kehlkopf durchführen. Die selbsthaltenden Autoskope von SEIFFERT und RIECKER erweisen sich für die Praxis als geeignet.

Von TRENDLENBURG und WULLSTEIN haben 1934 ein Prinzip entwickelt, bei dem eine Gleichspannung zwischen die Stimmlippen und einer Kupferscheibe gelegt wird. Dieses Kondensatorsystem ermöglicht, Kapazitätsänderungen zu registrieren, welche sich aus der Änderung des Abstandes zwischen den Kondensatorplatten ergeben. Mit dieser Methode lassen sich besonders Bewegungen der Stimmlippen senkrecht zur Stimmritze beobachten.

1938 benutzen HARTMANN und WULLSTEIN eine Lichtzelle (photoelectric cell) und fangen damit die Lichtverschiebungen auf, die sich bei der Glottisbewegung ergeben. Das so erhaltene Glottogramm wird mit dem Phonogramm in Zusammenhang gebracht über einen sogenannten "double beam"-Oscillographen.

1958 projizieren FESSARD und VALLANCIEN das reflektierte Bild der Glottis einer Versuchsperson auf eine Phototransistorzelle. Über ein Oscilloskop können somit die Schallschwingungen und die der Elektroglottographie wiedergegeben werden.

1961 greift SONESSON die Diaphanoskopie wieder auf. Er durchleuchtet die Halsweichteile und den Kehlkopf von unten und sammelt das Licht in einem Glasfaserstab. Die Intensitätsänderungen des Lichtes werden mittels einer photoelektrischen Zelle aufgefangen und registriert.

1957 greift FABRE, ein französischer Biophysiker, das Prinzip TRENDLENBURG und WULLSTEINS auf. Er benutzt ebenfalls die Stimmlippen als Platten eines Kondensators, an denen er einen hochfrequenten Wechselstrom anlegt, der durch einen niederfrequenten Strom moduliert wird. Die Messung des Widerstandes, der sich aus dem Abstand der Stimmlippen ergibt, läßt Rückschlüsse auf ihre Bewegungen zu.

LOEBELL und BALK konstruieren in München einen Glottographen, der eine Modifikation des Prinzips und der Schaltung von FABRE darstellt.

ANATOMIE DES KEHLKOPFES

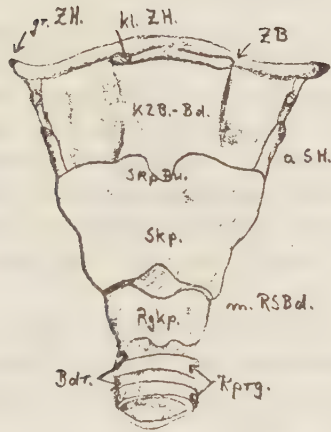
K n o r p e l

An der Cartilago thyreoidea, dem größten der fünf Kehlkopfknorpel, sind die vorderen Enden der Stimmbänder angeheftet. Durch die membrana hypothyreoidea am os hyoideum aufgehängt, hält er den gesamten Kehlkopf in seiner Lage. Der Schildknorpel besteht aus zwei Seitenplatten, die beim Mann einen Winkel von ca. 90° , bei der Frau und beim Kind 160° bis 170° bilden. Die Cartilago thyreoidea ist etwas nach vorn geneigt und läßt somit ihren vorderen Rand unter der Haut hervortreten. Der Hinterrand bildet mit seiner unteren Fortsetzung das Gelenk mit dem Ringknorpel. Das cornu hyoideum stellt über das lig. hypothyreoideum eine Verbindung mit dem Zungenbein dar.

Die Cartilago cricoidea, der Ringknorpel, ist am weitesten distal gelegen. Er besteht aus dem ventralen arcus und der caudal ansteigenden lamina. Am Oberrand des Knorpels befindet sich am Übergang vom arcus zur lamina der Gelenkkopf zur Artikulation mit der cartilago arytaenoidea.

Die Cartilagine arytaenoides, die Stellknorpel, erhielten ihren Namen von GALEN = Gießbecken. Sie haben die Grundform einer dreiseitigen Pyramide, wobei die Basis konkav gehöhlt ist und den Gelenkkopf des Ringknorpels aufnimmt. Nach vorn verläuft eine elastische Fortsetzung, als processus vocalis. Lateral gelegen befindet sich der processus muscularis, an welchem Muskeln vom Ringknorpel inserieren. Die medialen Flächen der Aryknorpel bilden die pars intercartilaginea der Stimmritze. Die hintere Fläche nimmt den musculus arytaenoideus auf. Die Außenfläche ist gebogen und bildet durch die crista arcuata die fovea trinangularis, in welcher sich das Taschenband, die ligamentum

Kehlkopf von vorne gesehen.



ZB. Zungenbein. gr. ZH., kl. ZH. Zungenbeinhörner.
 KZB.-Bd. Schildknorpel-Zungenbeinband.
 Skp. Schildknorpel. Skp. Au. Ausschnitt.
 o. SH. oberes Schildknorpelhorn. Rgkp. Ringknorpel.
 Kprg. Knorpelringe, Bdr. Bänder der Luftröhre.

(Nach Fröschels, E.: Lehrbuch der Sprachheilkunde)

ventriculare anheftet. Die untere Höhlung, die fovea oblongata, nimmt den m. vocalis auf.

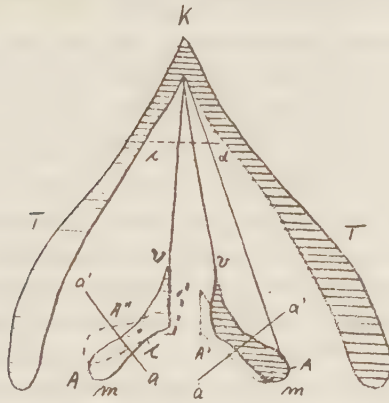
G e l e n k e

Die articulatio cricothyreoidea vermag als Diarthrose sowohl Gleit- als auch Scharnierbewegungen durchzuführen. MAYET beschreibt bei extremen Kippstellungen Blockierungen, so daß keine Bewegung, weder cranio-caudal noch ventro-dorsal durchgeführt werden können. Das Gelenk wird durch einen Bandapparat gehalten. Seine Bewegungsmöglichkeiten werden durch das ligamentum cerato-cricoideum posterius et laterale, sowie durch das lig. cricothyreoideum eingeschränkt.

Der articulatio arycricoidea kommt ihrer Funktion nach die größte Bedeutung zu. Der Gießbeckenknorpel ist gegen den Ringknorpel in dreifacher Weise beweglich:

Erstens läßt er sich um seine Höhenachse drehen. Der Schnittpunkt dieser Achse schneidet sich mit der Zeichenebene (Er ist auf der Zeichnung 1 mit c angegeben). Die Ary-Knorpel sind weiter um die Achse a - a' neigbar, außerdem können sie in Richtung der Achse a - a' gleiten. Durch diese Bewegungen werden Veränderungen an der Stimmritze in einer sehr differenzierten Weise durchgeführt.

Die Achsen des Cricoarytaenoidgelenkes



Schema der Bewegungsmöglichkeiten des Stellknorpels. A, A', A'''
Stellknorpel in verschiedenen Lagen; a-a' Achsen, um die
die Stellknorpel (außer der Drehung um eine senkrechte Achse
und ihrem Gleiten gegeneinander) neigbar sind;
(Nach HERMANN: Lehrbuch der Physiologie.)

M u s k e l n

Der musculus cricothyreoideus entspringt beidseitig am arcus des Rindknorpels und inseriert am caudalen Rand des Schildknorpels, sowie am Innenrand des cornu-cricoideum.

Der musculus cricoarytaenoideus dorsalis entspringt von der Dorsalfläche des lamina cartilaginis des Ringknorpels. Er inseriert am processus muscularis der Ary-Knorpel und zieht lateral- sowie cranialwärts. Als gelegentliche Modifikation dieses Muskels kann der m. cerato-cricoideus angesehen werden. Er verläuft vom caudalen Rand der cartilago-cricoidea zum cornu cricoideum des Schildknorpels.

Der musculus arytaenoideus zerfällt in zwei Teile, wovon die pars transversa quer über den caudalen Teil der dorsalen Flächen der Ary-Knorpel verläuft und sich an deren lateralen Rändern anheftet. Die pars obliqua liegt dorsal der pars transversa auf, entspringt dem processus muscularis und zieht schräg zum cranialen Teil des gegenüberliegenden Stellknorpels.

Der musculus thyreoarytaenoideus zerfällt ebenfalls in zwei Teile, deren caudaler Teil als pars lateralis bezeichnet wird, während ihr cranialer Abschnitt den musculus vocalis bildet.

Dieser zieht sich von der cartilago thyreoidea zur fovea oblongata des Ary-Knorpels. Er ist innerhalb des ligamentum vocale gelegen, welches seinerseits vom processus vocalis zur Innenfläche der cartilago thyreoidea zieht.

Labia vocalia: Die Stimmlippen bilden im Querschnitt dreieckige Wülste mit den ihnen eingelagerten Muskeln. Anatomisch gesehen bilden die elastischen Längszüge des oberen Randes des conus elasticus die Stimmbänder. Die eigentliche ligamenta vocalia mit ihrem Schleimhautüberzug bezeichnen wir als

plicae vocales, zwischen denen sich die Stimmritze (rima glottidis) befindet.

Funktionelle Aufgaben dieser Muskeln:

a. erweiternd wirkt allein der Muskel *m. cricoarytaenoideus posterior*, auch kurz "Posticus" genannt.

b. die Stimmlippenverengung bewirken die *mm. cricoarytaenoideus lat. sive anterior*, der *m. arytaenoideus* mit seiner *pars transversa* und *pars obliqua*, sowie der *m. thyreoarytaenoideus, pars lateralis*.

Außer dieser Hauptwirkung verursachen die Muskeln zum Teil auch die Hebung oder Senkung des *processus vocalis*. Die eigentliche Regulation der Spannung der elastischen Stimmlippenfasern bewirkt der schräg inserierende *m. vocalis*. Die Variation seiner Funktionen macht eine genauere Untersuchung des Faserverlaufes erforderlich. Sie wurde von GÖRTTLER aufgeklärt und durch Versuche von ZENKER im Einzelnen bestätigt. Der Modulation bei der Erweiterung dient der *m. aryvocalis*.

Zur Verlängerung des Stimmbandes tragen neben dem *m. cricothyreoideus* der Oesophagus sowie der *m. thyreopharyngeus* bei. Der Zug des Oesophagus senkt die *cartilago cricoidea* nach hinten und entfernt so die Ary-Knorpel von dem Ringknorpel. Allerdings tritt dieser Mechanismus nur bei gesenktem Zwerchfell, sowie bei Rückbeugung des Kopfes ein. Der *m. thyreopharyngeus* drückt die Schildknorpelplatten zusammen und verlängert sie auf Grund ihrer Elastizität. Zur Verkürzung der Stimmlippen dienen außer dem *m. sternothyreoideus* der *m. cricopharyngeus* durch seine funktionellen Kräfte. Als Antagonist des *m. cricothyreoideus* kippt der *m. sternothyreoideus* den Schildknorpel nach hinten.

Als funktionelle Einheit können wir die Kräfte des



Schema des Verlaufes der Muskelfasern im m.vocalis.
Darstellung des rechten Ary-Knorpels von oben gesehen.
(nach Goerttler: "Anordnung...der Muskulatur im menschl.
Stimmband")

Cricoid-Ary-Knorpel-Epiglottis-Hyoid-Mandibula-Trachealzuges bezeichnen. Durch die Hebung der mandibula überträgt sich über die plica eine Kraft auf die Ary-Knorpel und die Gelenkknorpel. Die cartilago cricoidea geht in ihrem dorsalen Teil in die Höhe und nähert sich damit dem Schildknorpel.

Die resultierende Kraft des Trachealzuges setzt vor der queren Achse der articulatio cricothyreoidea an und senkt somit den Vorderrand der cartilago cricoidea. Auf Grund elektromyographischer Untersuchungen wurden die anatomischen Begebenheiten bestätigt. In Ruhelage zeigt das EMG der Kehlkopfmuskeln eine minimale Aktivität im Spannaparat, sowie bei den äußeren Kehlkopfmuskeln an. Es besteht ein Spannungsverhältnis zwischen den elastischen Lamellen und der Muskelkraft. Bei ruhiger Atmung lassen sich hauptsächlich Ableitungen des m. vocalis vornehmen. Beim Inspirieren ist der Trachealzug vergrößert und somit der Vorderteil des Ringknorpels gesenkt.

I n n e r v a t i o n

Die Innervation des Kehlkopfes erfolgt durch den zehnten Gehirnnerv, den nervus vagus. Sein Ast, der n. laryngeus caudalis, vom n. recurrens ausgehend, versorgt hauptsächlich die Kehlkopfmuskulatur. Eine Ausnahme bildet der m. cricothyreoideus, der von den "äußeren Sphinkteren" abstammt. Er wird vom n. laryngeus cranialis, einem oberen Ast des n. vagus versorgt.

Der ramus internus des n. laryngicus cranialis durchbohrt die membrana thyreoidea und steigt unter der Schleimhaut des processus piriformis nach

medial abwärts. Seine sensiblen Afferenzen versorgen die rima glottidis, sowie die pars laryngica des Pharynx. In gewissem Ausmaße beeinflusst die Sensibilität der Schleimhaut die Innervation des Kehlkopfes. Durch Kokainisierung lassen sich geringfügige Störungen bei der Stimmgebung provozieren. Eine totale Parese der n. laryngicus cranialis äußert sich also nicht nur in Sensibilitätsstörungen am Kehlkopf, sondern auch in einer Herabsetzung der oberen Tonhöhe mit Verminderung des Stimmumfanges, einer Vertiefung der Sprechstimme und Kraftlosigkeit der Stimme. Das Stimmband steht auf der gelähmten Seite bei Phonation tiefer. Die Glottis steht schräg, der Ary-Knorpel kippt nach hinten.

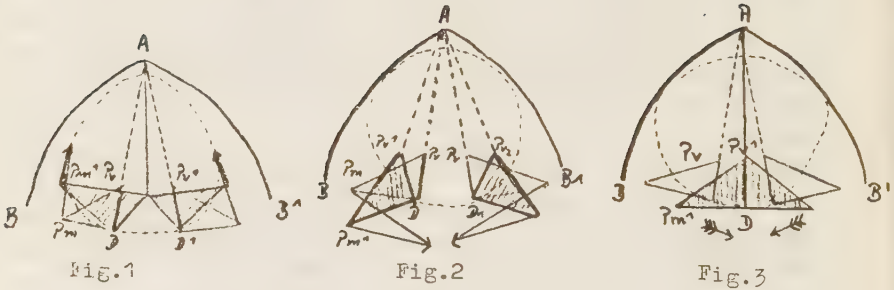
Der n. recurrens, Ast des n. laryngicus caudalis, übernimmt mit seinem ventralen Ast die Innervation folgender Muskel: m. cricothyreoideus, m. thyroarytaenoideus, m. vocalis, m. thyreoepiglottis und m. aryepiglotticus. Sein zweiter Ast, der ramus dorsalis, übernimmt die motorische wie sensible Versorgung des m. cricoarytaenoideus dorsalis und des m. interarytaenoideus. Sensibel versorgt er die Schleimhaut unter der rima glottidis.

PHYSIOLOGIE DER STIMMBILDUNG

Zur Bildung eines primären Kehlkopftones bedarf es eines komplizierten Zusammenspiels von Ausatemungsluftstrom mit Druck- und Sogwirkung einerseits und Masse, Spannung und Stellung der Stimmlippen andererseits.

Wenn wir den Stimmapparat mit einem Blasinstrument vergleichen, so können wir als "Windraum" die Lunge, die Bronchien und die Trachea bezeichnen. Als "Luftraum" sind Pharynx und auch die Trachea anzusehen. Der schwingungsfähige Teil sind die Stimmbänder.

Bei Expiration kommt es durch das Zusammenziehen des Brustkorbes und Hebung des Diaphragmas zu einer Kompression der subglottischen Luft. Diese Drucksteigerung führt zu jenem Punkt, wo die Elastizität der geschlossenen Stimmlippen dem Druck nicht mehr stand hält. Die rima glottidis wird gesprengt und es strömt solange Luft aus, bis der subglottische Druck abgesunken ist und sich die Stimmbänder auf Grund ihrer Elastizität wieder schließen. Dieses Wechselspiel wiederholt sich in schneller Folge - die Stimmbänder vibrieren -, so daß die Masseteilchen der Luft Hin- und Herbewegungen in Richtung der Strömung ausführen. Es kommt zur Ausbreitung longitudinaler Wellen, deren Frequenzen vom menschlichen Hörorgan wahrgenommen werden können. Durch die Veränderung der Stimmlippen ändert sich das Elastizitätsmodul und damit die rücktreibende Kraft, welche das System in seine ursprüngliche Lage zurückbringt. Durch die Veränderung der Kraft kommt es zu einer Änderung der Öffnungsgeschwindigkeit der Stimmlippen, folglich zur Frequenzänderung, welche die Tonhöhe ausmacht.



Kreis=Cartilago, cricoidea

BAB₁ = *Cartilago thyreidea*

PmfvD=dreieckige Basis des cartilago aryaenoidea

FvA: Labia vocalia

Figur 1: Wirkung des "Lateralis": Schluß der Pars Ligamentosa

Figur 2: Öffnung der Stimmritze durch den Posticus. Respirations

Figur 3: Phonationstellung, bei Glottisschluß
durch den "Transversus".

(nach Gutzmann, H.: Physiologie der Stimme und Sprache)

Der subglottische Druck, sowie die Geschwindigkeit der vorbeiströmenden Luft bedingen die Schallintensität. Dennoch konnte LUCHSINGER zeigen, daß ein Ansteigen der Intensität auf das Hundertfache die Amplituden der Stimmlippen nur um drei Millimeter anwachsen läßt. Da nun zur Erhöhung der Schallintensität eines Tones der Anblasdruck gesteigert werden muß, tritt eine kompensatorische Erschlaffung der Stimmbänder ein, da sich ja anderenfalls die Frequenz erhöhen müßte. Hieraus ergibt sich, daß der Luftverbrauch entsprechend der Schallintensität ansteigt. Aus Messungen erfährt man, daß beim Baß ca. 90 bis 220 ccm/sec, beim Sopran 40 bis 100 ccm/sec Luft an den Stimmritzen vorbeiströmt. Auf Grund der physiologischen Enge der rima glottidis ist hier die Strömungsgeschwindigkeit am größten. Bei ruhiger Atmung werden Strömungsgeschwindigkeiten von 3 bis 5 cm/sec, bei Hustenstößen bis ca. 120 cm/sec gemessen.

Untersuchungen an tracheotomierten Patienten durch HAST zeigen bei einer Frequenz von 139 Hz einen Druck von 2 cm Wassersäule, entsprechend für 178 Hz - 3 cm, für 209 Hz - 4 cm. Die Drucksteigerung im subglottischen Raum ist bei lauter Sprache bis über 16 cm Wassersäule möglich. (LOEBELL)

Spalttöne entstehen mit sehr hohen Frequenzen über der Stimmritze. Diese Frequenzbereiche sind für das menschliche Ohr nicht mehr registrierbar.

Wie EWALD an Polstergegenschlagpfeifen zeigen konnte, entstehen nicht nur Stimmlippenbewegungen in der Horizontalen. Die vertikalen Bewegungskomponente wies HUSSON stroboskopisch bei offen gesungenen Vokalen nach. Die Resultierende beider Bewegungsrichtungen besteht in der Ausführung elliptischer Bahnen, worin sich eine geringere Beanspru-

chung des Gewebes sehen läßt.

Das Phonieren bei Inspiration ist in begrenztem Umfange möglich. Als anatomisch-physiologische Voraussetzung wird die Elastizität der Stimmbänder angesehen. Allerdings ist diese Art der Stimmbildung erheblich erschwert, da mittels Inspiration ein Unterdruck im subglottischen Raum erzeugt werden muß.

Die Stimmlage eines Individuums ist durch die Größe seines Kehlkopfes, insbesondere aber durch die Länge seiner Stimmbänder bedingt. Menschen mit hohen Stimmen verfügen meist über kurze und breite Stimmbänder, während die eines Basses in der Regel länger und dünner sind.

Der Stimmwechsel eines Heranwachsenden beruht auf einem hormonell bedingten Größenwachstum der Larynx.

Als Stimmumfang bezeichnen wir jenen Tonbereich, den die Stimme an hohen und tiefen Tönen einschließt. So ist das Lautgebungsvermögen eines Säuglings auf Töne um a^1 beschränkt. Der Stimmumfang vergrößert sich pro Lebensjahr um $1 - 1 \frac{1}{2}$ Töne und umfaßt nach der Pubertät 2 bis $2 \frac{1}{2}$ Oktaven.

Als Stimmregister bezeichnen wir Reihen von unter sich, in Folge konstanten Verhaltens der Obertöne, gleichen Stimmklängen, deren Änderung wir an bestimmten Stellen von anderen abgrenzen können. Den Übergängen vom tiefen Brustregister über Mittel- und Kopfreister schließt sich bei normalem Stimmumfang nach oben das Falsett des Mannes an. Von ESSEN nennt die Fistelstimme bereits pathologisch. Hierbei ist die Knorpelglottis fest geschlossen, die Bänderglottis schwingt nur in kurzen Abständen.

Ebenso ist bei der Kopfstimme der schwingende Anteil der Stimmlippen verkürzt, da die pars intercartilaginea geschlossen bleibt. Untersuchungen von PRESSMANN ergaben eine Längenzunahme der Stimmlippen bei steigender Tonhöhe. Die röntgenologischen Untersuchungen MITCHINSON's brachten gleiche Ergebnisse. Ebenso dienten van den BERGK's eingehende Untersuchungen der Klärung dieses Problems.

Bei der Bruststimme ist die Stimmritze locker geschlossen, die Stimmlippen schwingen in voller Breite. Eine merkliche Brustresonanz läßt sich am sternum tasten.

Die Flüsterstimme ist unphysiologisch und ist für eine eventuelle Stimmschonung denkbar ungeeignet. Die sog. Bänderglottis bleibt geschlossen (pars ligamentosa), hingegen bildet die pars cartilaginea das sog. "Flüsterdreieck".

Beim Jodeln werden schnelle Stimmsprünge vom Kopf- ins Brustregister und umgekehrt durchgeführt.

B H A U P T T E I L

THEORIEN DER KONSONANTEN- UND VOKALBILDUNG IN DER GEGENWÄRTIGEN LITERATUR

Die Sprache ist als das ursprüngliche Informationsmittel des Menschen anzusehen. Die Schriftzeichen als Konservierungsmöglichkeit der Sprache für ihre Wiedergabe ist erst seit der Zeit der Babylonier bekannt. Durch diese Entwicklung ließen sich erstmals nicht materielle Begriffe wie Angst und Freude, Philosophien und Rechtsbegriffe durch Zeichen ausdrücken, deren Bedeutungsinhalt sich allein aus ihrer jeweiligen Reihenfolge ergeben kann. Nur auf Grund gewisser Vereinbarungen, die sowohl dem Schreiber als auch dem Leser bekannt sein müssen, ist es in einer Sprache wie der deutschen möglich, mit nur 27 Zeichen auszukommen, um all das auszudrücken, wofür im chinesischen vierzigtausend Symbole benötigt werden, oder was unsere Vorfahren in Höhlenmalereien festzuhalten versuchten.

Wir können also die Schrift als die mechanische Wiedergabe des zuvor gesprochenen Wortes bezeichnen und umgekehrt sehen wir, daß ein gelesenes und artikuliertes Wort bei genauer Kenntnis der Lautgehalte immer gleichbedeutend sein muß. Dieses Problem von Laut und Schrift beschäftigt seit jeher die Wissenschaftler vieler Bereiche.

Zur näheren Untersuchung der Laute empfiehlt es sich, die alte Haupteinteilung in Vokale und Konsonanten vorzunehmen, da beide Gruppen wegen vieler gemeinsamer Eigenschaften zusammengefaßt werden können. Unter vielen möglichen Kriterien soll uns primär das Problem Stimmhaftigkeit oder Stimmlosigkeit eines Lautes beschäftigen.

VOKALE

"Vokale sind Öffnungslaute, bei denen resonatorisch erzeugte Klanggestaltung - im akustischen Sinne der Formantgehalt - das wesentliche Merkmal ist und bei deren Bildung die Mittellinie des Gaumens nicht berührt wird. Sie sind ihrer sprachlichen Funktion nach Silbenträger und werden nur selten als Nichtsilbenträger gebraucht (z.B. Ja, Li:lje). Alle anderen Laute, die nicht unter diese Bestimmung fallen, sind Konsonanten." (Von ESSEN, O.: Grundbegriffe der Phonetik, Berlin 1962).

Nach ihrer artikulatorischen Formung teilt von ESSEN die vokale ein. Er unterscheidet nach dem Öffnungsgrad ihrer Lokalisation: vorder-, Mittel- und Hintervokale (i, e, u) und danach, ob ein Vokal offen oder geschlossen gebildet wird. Von ESSEN weist mit der Palatographie nach, daß (i) enger gebildet wird als (Ī) und (e) enger als (Ĕ). Generell wird jedoch festgestellt, daß alle Vokale bei normaler Sprechweise stimmhaft seien. Die Stimmhaftigkeit wird immer wieder als kennzeichnendes Merkmal der Vokale angesehen.

Diphthonge sind aus Vokalen gebildete Doppellaute, mit der Aufgabe nur einen einzigen Laut wiederzugeben. Sie können also nicht auf zwei Silben aufgeteilt werden. Im Deutschen verfügen wir über drei Diphthonge (ai, au, oy), die nur als sog. fallende Diphthonge existieren. Sie beginnen mit starkem Eingangslaut und haben einen schwachen auslaufenden Ausgangslaut. Der "steigende Diphthong", der mit einem stärkeren Vokalelement auslautet fehlt im Deutschen.

FRÖSCHELS gibt in seinem Lehrbuch eine Definition von Vokal und Konsonant: "Wir nennen jene Laute Vokale, welche mit der Stimme gebildet werden und

bei denen der durch die Stimmritze erzeugte Ton im Ansatzrohr nur modifiziert wird, ohne daß sich ein anderes Klangphänomen ein Geräusch entwickelt. Von Konsonanten sprechen wir dann, wenn der Luftstrom Geräuschcharakter hat." FRÖSCHELS sieht zwar ebenfalls wie alle anderen Autoren in der Stimmhaftigkeit das eigentliche Charakteristikum der Vokale, doch geht er auf den Geräuschcharakter der Konsonanten in dieser Definition nicht näher ein.

Eine andere Einteilung unserer Sprachlaute, als die in Vokale und Konsonanten sieht FRÖSCHELS in der Funktion des Gaumensegels. Er unterteilt in Mund- und Nasenlaute, wobei die Nasenlaute m, n und ng dadurch entstehen, daß das Gaumensegel zum Mund hin einen Verschuß bildet und die Sprechluft nur über die Nase entweichen kann.

Der Verschuß der Epipharynx zur Bildung von Mundlauten läßt sich am Beispiel der Bildung des Lautes "a" veranschaulichen. Läßt man "a" sagen, so können wir das Heben des weichen Gaumens gegen die Rachenhinterwand verfolgen. Wir sehen, daß sich das Gaumensegel seiner Breite nach hebt. Der freie, die Uvula tragende Teil ist bei der Hebung vertikal gerichtet, während die übrige Partie eine horizontale Lage einnimmt. So haben wir bei der Bildung des "a" eine scharfe Biegung des weichen Gaumens, dessen Kante sich an die hintere Rachenwand anlehnt. Vom Rachen aus kommt es zu einer Verdickung der Muskulatur, die sich an das Gaumensegel anlegt und uns als PASSAVANT'scher Wulst bekannt ist. HAJEK meint jedoch, daß die Bildung des PASSAVANT'schen Wulstes nicht von hinten her erfolgt, sondern auf seitlichen Muskelkonzentrationen beruht.

Wir sehen bisher, daß zwar Meinungsverschiedenheiten über den Artikulationsmodus bestehen, nicht aber die Stimmhaftigkeit der Vokale in Zweifel gezogen wird.

Ergänzend wollen wir eine Lehrmeinung aus dem englischen Sprachbereich zitieren, deren Aussagegehalt mit dem der vorausgegangenen Zitate übereinstimmt: "A vowel is a voiced sound in which the air has a free passage through the mouth or through the mouth and nose. The air is not impeded in any way. All other sounds are consonants." (WESTERMANN-WARDS: "Practical Phonetics", 1933, 19-20).

Ein weiteres Mal sehen wir das Schwergewicht der Bedeutung der Vokale auf ihre Stimmhaftigkeit gelegt. Wir können es wohl bei diesem Kriterium belassen und es später in den eigenen Untersuchungen nachprüfen. Zwar sieht SIEVERS eine Unmöglichkeit, eine bestimmte Scheidung zwischen Vokalen und Konsonanten durchzuführen. Er teilt in Resonant und Konsonant ein, wobei l z.B. als Resonant bezeichnet wird.

Wir wollen hingegen bei der klassischen Einteilung bleiben und als ursprüngliche Vokale unserer Schrift a, e, i, o und u ansehen.

KONSONANTEN

"Consonant aliquid, ergo consonans", diese Feststellung macht GUTZMANN 1924. Seine Behauptung ist auf Grund ihrer Prämisse logisch und in sich geschlossen, doch wollen wir bedenken, daß das Substantiv Konsonant ein Fremdwort im Deutschen ist und aus dem lateinischen Verb sonare = tönen, erklingen, (er-)schallen, besingen, sowie dem Praefix cum-, con- = zusammen mit, entstand. Ginge man streng nach der Aetiologie des Wortes, so müßte der Konsonant eine Stimmhaftigkeit einschließen. Doch sind längst nicht alle Konsonanten im Deutschen stimmhaft.

Wir können uns also den oben zitierten Meinungen anschließen und all jene Laute als Konsonanten bezeichnen, die nicht als Vokale zu betrachten sind.

Da die Konsonanten auf Grund verschiedener Artikulationsgebiete ihren Klangcharakter erhalten, empfiehlt es sich, eine differenziertere Abhandlung als bei den Vokalen vorzunehmen, deren Hauptmerkmal, die Stimmhaftigkeit, von keinem der Autoren bezweifelt wird.

Bei FRÖSCHELS finden wir eine Unterteilung in drei Artikulationsgebiete, deren erstes zwischen den beiden Lippen oder zwischen der Unterlippe und den oberen Schneidezähnen liegt. Das zweite befindet sich zwischen Zungespitze und Schneidezähnen oder zwischen Zungenspitze und dem vorderen Teil des Gaumens. Das dritte Artikulationsgebiet liegt nach Fröschels zwischen Zungenrücken und Gaumen.

von ESSEN gruppiert die Konsonanten nach anderen Gesichtspunkten.

Bilabiale: (p, b, m)

Dentilabiale: (f, v)

Alveolar-koronale: (t, d, n, l, r, $\int$ =sch)

Palatal-dorsale: (c, j)

Velar-postdorsale (oder Postpalatal-postdorsale): (x, k, g)

Uvular-postdorsale: (R)

Dentalveolar-prädorsale (oder Denti-alveolar-koronale): (s, z)

unlokalisiert: (h) = gehauchter Stimmeinsatz

Unter diesen genannten Lauten pflegt man auf Grund ihres gemeinsamen Überwindungsmodus zusammenzufassen:

Sprenglaute (Explosivae): (p, b, t, k, g, d)

Engelaute (Frikativae): (f, v, c, j, x, s, z, $\int$ =sch)

Nasale: (m, n, ng)

Lateral: (l)

Vibranten: (r, R)

Als Sondergruppe der Engelaute werden (s, z, $\int$ =sch) auch Zischlaute oder Sibilanten genannt.

FORCHHAMMER nimmt in seinem 1937 veröffentlichten Buch "Stimmbildung auf stimm- und sprachphysiologischer Grundlage" eine andere Einteilung der Konsonanten vor. Er unterscheidet hauptsächlich Verschluß- und Engelaute. Die Verschlußlaute werden durch drei Artikulationsorgane gebildet, nämlich: Unterlippe, Vorderzunge und Hinterzunge. Als zweites und drittes Artikulationsorgan sieht er das Gaumensegel und die Stimmlippen.

Gaumen- segel	Stimm- ritze	Unter- lippe	Vorder- zunge	Hinter- zunge
geschlos- sen	weit	p	t	k
geschlos- sen	eng	b	d	g
offen	eng	m	n	ng = ʝ

Verschlußlaute nach FORCHHAMMER, J.:

Stimmbildung 1937

Die zweite Gruppe der Konsonanten unterteilt er hauptsächlich nach zwei Kriterien, dem artikulierenden Mundorgan (Unterlippe, Vorder- und Hinterzunge) und nach der engen oder weiten Stellung der Stimmlippen, woraus er eine Stimmhaftigkeit bzw. Stimmlosigkeit folgert. Die Stellung des Gaumensegels kann nicht mehr als Einteilungsmerkmal herangezogen werden, da sich hieraus keine verschiedenen Sprachlaute ergäben. FORCHHAMMER unterscheidet in stimmhaften und stimmlosen Englauten, wobei er den stimmlosen Lauten "charakteristische Geräusche" zuschreibt:

1. Das weiche Reibegeräusch, das zwischen Artikulationsorgan und der Schleimhaut am Munddach entsteht.
2. Ein kräftiges Reibegeräusch, welches zwischen den Artikulationsorganen und den oberen Zähnen zustande kommt.
3. Ein Zisch- oder Anblasegeräusch, das durch Anblasen eines kleinen, hinter den oberen Zähnen gebildeten Hohlraumes entsteht.
4. Das Zittergeräusch, das dadurch hervorgerufen werde, daß ein in der Artikulationsenge befindliches kleines bewegliches Organ in zitternde Schwingungen versetzt werde.

Hieraus ergibt sich folgende Einteilung der stimmlosen Engelaute: Hautreibelaute, Zahnreibelaute, Anblaselaute und Zitterlaute, die gemeinsam mit den beiden zuvor zitierten Kriterien zu einem Schema zusammengefaßt werden können.

Stimm- ritze	Hautreibe- laute			Zahnreibe- laute			Anblase- laute	Zitter- laute
	U-L	V-Z	H-Z	U-L	V-Z	H-Z	spitze/volle	
weit (stimm- lose)	φ	c	x	f	ʃ	λ	s	ʒ
eng (stimm- hafte)	w	j	ɣ	v	δ	l	z	r

Zum Verständnis der hier verwendeten Zeichen wollen wir eine kurze Erklärung hinzufügen:

w als sog. bilabiales w, wie es gewöhnlicherweise auch bei u in Zusammenhang mit q anklingt (Welle, Quelle)

φ ist der entsprechende stimmlose Laut, der einfache Lippenblaselaut

j ebenfalls in zwei Formen vorkommend, als Anfangs-j (ja, Gejohle) und als End-j (pfui)

ʒ (Zitterlaut, ach) und x (Hautreibelaut) stehen für ch, außerdem der Laut wie er im Verbitaugen vorkommt

f entspricht dem f-Laut, v- und ph-Laut, wie bei Fenster oder Vorsicht

v symbolisiert den entsprechenden stimmhaften Laut

ʃ, δ entsprechen dem englischen th

l ist der gewöhnliche l-Laut, nach SIEVERS auch Resonant

λ die entsprechend stimmlose Form wie sie in den

Worten Platz oder Klatsch anklingt

- s ist das gewöhnliche "harte s"
- z seine stimmhafte Form wie sie in der Bühnensprache am Silbenanfang verwendet wird (See, Sage)
- ſ steht für sch, jedoch auch für s in Stein und Sprung
- ʒ ist der entsprechende stimmhafte Laut wie beim französischen j oder g in jour bzw. Genie
- r das deutsche r kommt in zwei verschiedenen Formen vor, dem Zungenspitzen-r, stimmhaft wie es in Bayern und Österreich gesprochen wird, und als , stimmlos, in der norddeutschen Aussprache von Worten wie Mark, hart, Dorf.

Die Einteilung der Konsonanten durch von ESSEN scheint uns für einen späteren Vergleich mit den eigenen Untersuchungsergebnissen als die geeignetere. Wir wollen uns daher eingehender mit seinen Definitionen der Stimmhaftigkeit oder Stimmlosigkeit der Konsonanten befassen. Außer der anfangs erwähnten Einteilung der Konsonanten nach ihrem Bildungsort wird der Überwindungsmodus diskutiert. Als sog. Verschußfortis erscheinen p, t, k, hingegen werden b, d, g als Verschußlenis oder Media bezeichnet.

Von ESSEN unterteilt in stimmhafte und stimmlose Konsonanten wie folgt:

- p gilt als stimmloser Bilabialverschußlaut, wobei das Velum fest anliegt, die Zunge aber nicht beteiligt ist. Verschußlösung gegenüber b mehr geschleudert
- b Bilabialverschußlaut, zwischen den Vokalen stimmhaft, auslautend und vor stimmlosen Konsonanten (falls nicht ein e folgt) stimmlos.

Im absoluten Anlaut weitgehend oder total stimmlos.

p : b stellt ein Phonem im Deutschen dar =

fortis : lenis Gepäck : Gebäck

- m gilt als stimmhafter bilabialer Nasallaut, bei dem die Zunge nicht beteiligt ist
- t ein Alveolar-koronaler, stimmloser Verschlußlaut. Im Verhältnis zu d bezeichnen wir t als fortis
- d Alveolar-koronaler Verschluß. Es besteht eine Stimmhaftigkeit gegenüber t
- n stimmhafter Nasallaut
- k ein stimmloser postpalatal- oder velar-postdorsaler Verschlußlaut. Gegenüber g bezeichnen wir k als fortis
- g ein postpalatal oder velar-postdorsaler Verschlußlaut, der zwischen den Vokalen stimmhaft sein soll, im Auslaut und vor stimmlosen Konsonanten stimmlos, im absoluten Anlaut weitgehend oder total stimmlos
fortis : lenis wie k : g
- f ein stimmloser dentilabialer Engellaut
- w ist stimmhaft (wo, Löwe), jedoch kommt es im Deutschen nicht wortauslautend vor
- s es bezieht die orthographischen Bereiche von s, ss, ß und gilt als stimmloser denti-alveolar-praedorsaler Engellaut
- sch stimmhaft. Eine stimmlose Variante im Stimmenauslaut, sowie vor und nach stimmlosen Konsonanten (Reisen, Achse)
- sch gilt als stimmloser alveolar-koronaler Engellaut (Schule)

l ein stimmhafter alveolar-coronaler Teilverschluß
l gilt als "lateraler Öffnungskonsonant" und
wird von Linguisten mit (r, R) zusammen noch
als "Liquida" (=flüssiger Laut) bezeichnet.
(Leben)

r ein stimmhafter alveolar-coronaler Schwinglaut

Die Definitionen von ESSEN's in Bezug auf die
Stimmhaftigkeit oder Stimmlosigkeit der Konsonan-
ten wird uns für die spätere Auswertung der eigenen
Ergebnisse dienen.

C E I G E N E U N T E R S U C H U N G E N

UNTERSUCHUNGSMATERIAL

Das Untersuchungsmaterial stellten ein überwiegend junger Personenkreis, der sich zu einem Teil aus Studenten der Medizin zusammensetzt. Von der Sanitätsakademie der Bundeswehr haben dreißig Soldaten an den Experimenten teilgenommen. Ihr durchschnittliches Alter betrug 20 bis 22 Jahre.

AUSWAHL DES UNTERSUCHUNGSMATERIALS

Wir haben bei der Auswahl des Untersuchungsmaterials ausdrücklich darauf geachtet, daß lediglich ein sprachgesunder Personenkreis an den Versuchen teilnahm, um später keine Verfälschungen der Ergebnisse zu erhalten. Versuchspersonen mit irgendwelchen Stimm- oder Sprachstörungen haben an den Experimenten nicht teilgenommen. Auch haben wir zuvor feststellen müssen, daß bei den VP's keine Strumavergrößerungen vorlagen, da es sonst zu erheblichen Meßungenauigkeiten gekommen wäre.

Als weiteren Gesichtspunkt in der Auswahl des Untersuchungsmaterials haben wir männliche Versuchspersonen wegen ihres größeren Kehlkopfes bevorzugt, da sich bei ihnen exaktere Messungen durchführen ließen. Die gerade aufgezählten Bedingungen wurden fast von allen Versuchspersonen erfüllt, insbesondere aber von den Rekruten der Bundeswehr. Als interessanter Aspekt mag die Tatsache hinzukommen, daß unter den Versuchspersonen Vertreter der verschiedensten deutschen Sprachgebiete zu finden waren.

VERSUCHSPERSONEN

Nr.	Name	geb.am:	geb.in/aufgewachsen	Beruf
1.	W.M.	22. 3.46	München	z.Z. Bundes- wehr
2.	G.K.	2. 3.47	Württemberg	
3.	H.L.	12. 4.47	Österreich	"
4.	R.Sch.	9. 5.44	Berlin	"
5.	R.M.	14. 2.46	Niederbayern	"
6.	R.H.	12. 2.44	Bayern	"
7.	R.R.	7. 6.46	Württemberg	"
8.	H.B.	17. 2.47	Berlin/Bayern	"
9.	G.H.	5. 5.46	München	"
10.	F-K.K.	19.10.45	Bayern	"
11.	H.P.	2. 7.45	Stuttgart	"
12.	H.W.	15. 9.44	München	"
13.	T.H.	21. 8.47	Bayern	"
14.	R.P.	4.10.46	Bayern	"
15.	G.M.	25. 6.46	Oberfranken/Kulmbach	"
16.	K.W.	12. 3.46	Springe/Niedersachsen	"
17.	B.H.	26. 6.45	nördl.Oberpfalz	"
18.	W-D.G.	4. 8.45	Pommern 15J./München	"
19.	C.W.	22. 1.47	Darmstadt/Frankfurt	"
20.	P.V.	20. 3.44	München	"
21.	H.K.	10.12.46	Niederbayern/Osterhofen	"
22.	K.P.	26. 5.47	München	"
23.	M.P.	20. 9.45	Oberpfalz/Riebenburg	"
24.	W.M.	28. 5.45	Bayern/Miesbach	"
25.	R.O.	27. 8.47	Schwaben/Lorch	"
26.	H.J.	25. 8.46	Hessen/Alsfeld	"
27.	R.D.	26.10.46	München	"
28.	J.M.	29.12.07	Bayern	Handwerker
29.	W.M.	17. 7.43	Oberfranken/Kulmbach	Arzt
30.	M.E.	7. 8.45	Berlin	Beschäftigungs- therapeutin
31.	H.W.	1.10.41	Württemberg	Student
32.	E.H.	8.10.43	Braunschweig	"
33.	H.R.	24.J.	Frankfurt	"
34.	R.R.	23.12.42	CSSR 15J./Stuttgart	"
35.	P.R.	23 J.	Baden-Württemberg	"
36.	M.T.	24.11.42	Verden/Niedersachsen	"

VERSUCHSAUFBAU

Die Problemstellung ist, Untersuchungen stimmhafter und stimmloser Konsonanten mittels der Glottographie vorzunehmen. Primär hat die Aufgabe darin bestanden, gewisse Phoneme wie b - p, d - t, g - k glottographisch auf ihre Stimmhaftigkeit bzw. Stimmlosigkeit hin zu untersuchen. Ein gewisses Problem für die Bildung des Versuchsprogrammes ist die Tatsache, daß das phonatorische Glottogramm nur stimmhafte Laute registriert. Es hat sich also empfohlen, den jeweils zu untersuchenden Konsonanten in zwei möglichst gleichlautende Vokale zu kleiden, deren Stimmhaftigkeit außer Zweifel stand. Für b - p, d - t und g - k haben wir den Vokal a gewählt und erhielten Lautgebilde wie aba - apa, ada - ata, aga - aka.

Aus den angeführten Beispielen ergibt sich die Frage, in wie weit die Stellung eines Konsonanten im Wort, ob nun zu Anfang stehend, in der Mitte oder zum Schluß, einen Einfluß auf seine Stimmhaftigkeit hat. So haben wir häufig außer den Lautbildungen, die sich aus der Kombination des jeweiligen Konsonanten mit zwei Vokalen (a bzw. e) ergeben, noch Verben oder Substantive in das Programm aufgenommen, die den Konsonanten am Anfang, in der Mitte oder zum Schluß des Wortes enthielten.

Beispiele: a) l = 1.ala; 2.lachen; 3.bellen; 4.Ball
b) r = 1.ara; 2.Rachen; 3.knurren; 4.brrr
c) f = 1.efe; 2.Fenster; 3.Affe

Zur Prüfung der Ergebnisse haben wir einige Beobachtungen aus einer Veröffentlichung von VALLANCIEN und FAULHABER in unserem Programm mit untersucht. Sie stellen fest, daß die Amplitude des respiratorischen Glottogramms sofort registriert werde, hingegen wachse die des Phonogramms langsamer in ihrer

Amplitudenhöhe an und falle zum Teil auch langsamer wieder ab. Das Phonogramm bestehe noch, wenn bereits keine Glottisbewegungen mehr verzeichnet würden. Beim Testwort "Capitaine" kontrastierte die Stabilität der glottographischen Schwingungen mit den Variationen im Phonogramm.

Bei "brrr", ein Laut, der vorwiegend durch Lippenbewegungen hervorgebracht werde, seien die Linien im Glottogramm sehr stark, ohne daß ein Beitrag vom Nervensystem vorliege.

Als drittes wird eine Beobachtung zur Diskussion gestellt, daß i, wenn es zweimal gesprochen wird (i-i), in der Mitte seiner Glottisaufzeichnung abfalle, ohne daß man dafür eine Erklärung finden könne.

VERZEICHNIS DES UNTERSUCHUNGSPROGRAMMS

1. Teil dient vorwiegend zum Einlesen.

Die Aufzeichnungen wurden bei 3 cm/sec vorgenommen.

w : ewe - ewe - ewe Waage

s : ese - ese - ese lesen

m : eme - eme - eme Emma

n : ene - ene - ene Anna

2. Teil - Aufzeichnungen bei 3 cm/sec

l : ala - ala - ala lachen, bellen, Ball

r : ara - ara - ara Rachen, knurren

b : aba - aba - aba

p : apa - apa - apa

d : ada - ada - ada

t : ata - ata - ata

g : aga - aga - aga

k : aka - aka - aka

3. Teil - Wortbildungen in Kombination der oben
aufgeführten Konsonanten (3 cm/sec)

Abend - Abend - Abend
Apache - Apache - Apache
Kapitän - Kapitän - Kapitän
Adam - Adam - Adam
Atem - Atem - Atem
Agathe - Agathe - Agathe
Affe - Affe - Affe
Akademie - Akademie - Akademie
Kapitän - Kapitän - Kapitän
brrr - brrr - brrr

4. Teil - ergänzend werden noch folgende Konsonan-
ten untersucht. Registriergeschwindig-
keit 3 cm/sec

f : efe - efe - efe Fenster
v : eve - eve - eve Vorsicht
ss: esse - esse - esse Maß
z : eze - eze - eze Zange
ch: acha - acha - acha Sprache
sch: esche - esche - esche
x : exe - exe - exe
ks: akse - akse - akse

5. Teil - teilweise Wiederholung des 2. Teils bei
einer Aufzeichnungsgeschwindigkeit von
10 cm/sec

ala - ara - aba - apa - ada - ata - aga - aka
brrr - i-i - Kapitän

UNTERSUCHUNGSMETHODEN

Elektroglottographie (EGG)

1957 veröffentlicht der französische Biophysiker FABRE eine Methode zur elektrischen Registrierung der Stimmlippenbewegungen.

Die Stimmlippen werden als Platten eines Kondensators betrachtet, der in einen Wechselstromkreis zwischengeschaltet ist. Mit dem Kondensator ergibt sich ein kapazitiver Widerstand für den Wechselstrom. Bei weitem Stimmlippenabstand wird die Kapazität des Kondensators kleiner und damit der Widerstand für den Stromkreis größer, wodurch die Spannung des Stromes abfällt. Die Stromzuführung geschieht über zwei Elektroden, die an die Seitenflächen des Schildknorpels angelegt sind.

Oscillator

Ein Oscillator, der mit Gleichstrom beschickt wird, liefert einen hochfrequenten Wechselstrom mit hoher Konstanz. Ein zweiter Stromkreis, in dem sich die Hautelektronen befinden, wird an diesen Schwingungskreis induktiv gekoppelt, um Diathermieeffekte zu vermeiden, wird die induktive Koppelung verhältnismäßig gering gehalten. Andernfalls würde eine Änderung der Induktivität im ersten Schwingungskreis hervorgerufen, die Frequenzänderung im Oscillatorsystem bewirken könnte. Der kapazitive Widerstand, welcher entsprechend der Bewegung der Stimmlippen entsteht, verändert die Stromstärke ständig. Man erhält eine amplitudenmodulierte Hochfrequenzspannung, die an das Gitter einer Pentode gelegt wird. Die verstärkte Gleichspannung wird über weitere Verstärker auf eine Ausgangshexode geleitet.

GLOTTOGRAPH NACH LOEBELL UND BALK

LOEBELL und BALK haben ein Gerät konstruiert, das in seiner theoretischen Grundlage auf dem Prinzip von FABRE basiert, jedoch technische Unterschiede aufweist.

Von einem Gegentakt-Hartley-Oscillator wird ein hochfrequenter Wechselstrom auf zwei dem Kehlkopf beidseitig anliegende Elektroden von je 2,5 cm Durchmesser geführt. Die schwankende Impedanz des Kehlkopfes bewirkt an dem Vorwiderstand eine Modulation der Hochfrequenzspannung an den Elektroden. Die HF-Spannung wird einem abgestimmten HF-Verstärker zugeführt und anschließend gleichgerichtet.

Die Modulationstiefe der HF-Spannung darf nur sehr gering sein, da die übertragende Energie bei induktiver Koppelung des Elektrodenkreises an den Oscillatorkreis klein gehalten werden muß, weil sonst im menschlichen Gewebe eine größere Wärmeentwicklung auftreten würde.

Deshalb wird bei der zweiten Stufe des HF-Verstärkers der Abstand zwischen Arbeitspunkt und Einsatzpunkt proportional zur unmodulierten HF-Ausgangsspannung gemacht. Letzteres wird durch einen HF-Gleichspannungswandler bewirkt, der eine zur unmodulierten HF-Ausgangsspannung proportionale Gleichspannung erzeugt, von der ein Bruchteil den Arbeitspunkt der Verstärkerstufe festlegt.

Nach der Gleichrichtung erfolgt durch eine Frequenzweiche eine Trennung in tonfrequente und niederfrequente Modulationsanteile, die getrennt und gleichzeitig registriert werden.

Unterschied zu FABRE:

1. Gegentakt-Hartley-Oscillator
2. Abstand zwischen Arbeitspunkt und Einsatzpunkt ist proportionell der Oscillatorausgangsspannung.

3. Frequenzweiche

So ergibt sich aus dieser Verbesserung des Glottographen von FABRE, daß nur die interessanten Frequenzspitzen verstärkt werden. Die gleichzeitige getrennte Registrierung von schnellen und langsamen Anteilen ist durch Verwendung einer Frequenzweiche möglich.

Die Aufzeichnung der schnellen Stimmlippenbewegungen wird als phonatorisches Glottogramm bezeichnet, die der langsamen Bewegungen als respiratorisches Glottogramm.

KATHODENSTRAHLOSCILLOGRAPH

Die verstärkten Ströme können über einen Kathodenstrahloszillographen direkt beobachtet werden. Hier wurde ein Großbildsichtgerät der Firma KNOTT verwendet. Hierbei läßt sich die Ablaufgeschwindigkeit der Kathodenstrahlen stufenlos regeln. Es werden hauptsächlich Geschwindigkeiten verwendet, bei denen 3 m/sec oder 100 m/sec 1 cm auf dem Bildschirm durchlaufen.

PHOTOGRAPHISCHE AUFZEICHNUNGEN

Die vom Oscillographen gelieferten Kurven werden mit einer Kamera der Firma LINHOFF photographisch aufgezeichnet. Der Abstand zwischen Objekt und Filmbene beträgt 60 cm. Der Lichteinfall von außen wird durch einen Lichtschacht zwischen Kamera und Bildschirm verhindert. Die Auslösung des Kameraschlusses und des Oscillographen geschieht synchron.

FORMANTFILTERVERSTÄRKER (nach LOEBELL)

Zur Aufzeichnung und Zerlegung der Töne in ihre einzelnen Frequenzgruppen benutzen wir einen Spezialformantfilterverstärker der Firma KNOTT. Ein dynamisches Mikrophon mit einem konstanten Abstand von 20 cm zur Mundöffnung verstärkt die gelieferten Spannungen. Die Verstärkung ist kontinuierlich verstellbar. Sie wird über Trennstufen auf acht Filter abgegeben. Die Filter haben im Sperrgebiet eine Dämpfung von 55 db. Db (Abkürzung für Dezibel) ist eine Größe aus der Akustik, welche erlaubt, zwei Schallintensitäten miteinander zu vergleichen. Schallintensität ist definiert als Leistung pro Fläche, ihre Einheit ist $\text{erg} \cdot \text{sec}^{-1} \text{ cm}^{-2}$. Zum Vergleich zweier Schallintensitäten wurde als Nullpunkt $10^{-16} \text{ Watt/cm}^2$ gewählt. Diese Schallintensität stellt bei 1000 Hz die Hörschwelle dar. Db ist eine Verhältniszahl und zwar der zehnfache Logarithmus des Verhältnisses der vorkommenden Schallintensität zum Nullpunkt. Die Skala ist so aufgebaut, daß $\text{db} = 10 \log J_1/J_2$. J ist eine Abkürzung für Schallintensität.

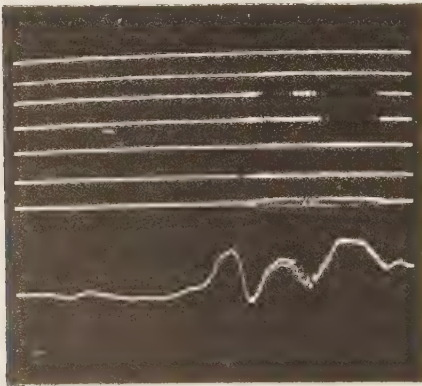
Die gefilterten Sprachschwingungen werden dann direkt, d.h. ohne Unterlegung mit einer weiteren Spannung auf den Oscillographen geleitet und bei gleicher Verstärkung jeder einzelne Kanal gemessen. Folgende Frequenzbereiche können getrennt gemessen werden:

50 - 150 Hz, 150 - 300 Hz, 300 - 600 Hz,
600 - 900 Hz, 900 - 1250 Hz, 1250 - 1600 Hz,
1600 - 1900 Hz, 1900 - 2150 Hz, 2150 - 2400 Hz,
2400 - 10 000 Hz.

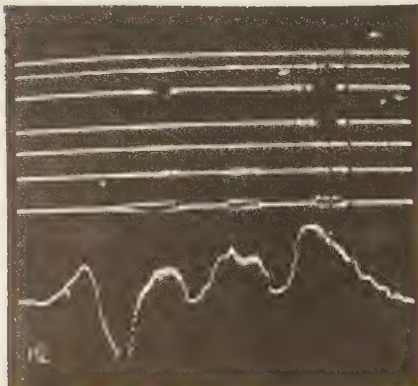
Zur Messung der Energie der einzelnen Sprachschwingungen ist es möglich, die gesiebten Frequenzen mit Gleichstrom zu unterlegen und so die Umhüllende direkt auf dem Oscillographen zu messen. (Die Umhüllende ist die Linie, welche die einzelnen Amplitudenspitzen verbindet).

Für die eigenen Untersuchungen haben wir folgende Spektren verwendet: (von oben nach unten)

1. Linie : 50 - 300 Hz
2. Linie : 300 - 600 Hz
3. Linie : 600 - 900 Hz
4. Linie : 900 - 1250 Hz
5. Linie : Gesamtspektrum
6. Linie : Mikrophon
7. Linie : phonatorische Glottographie
8. Linie : respiratorische Glottographie



ara



Ka-pi-tän

D E R G E B N I S S E

GESICHTSPUNKTE FÜR DIE AUSWERTUNG

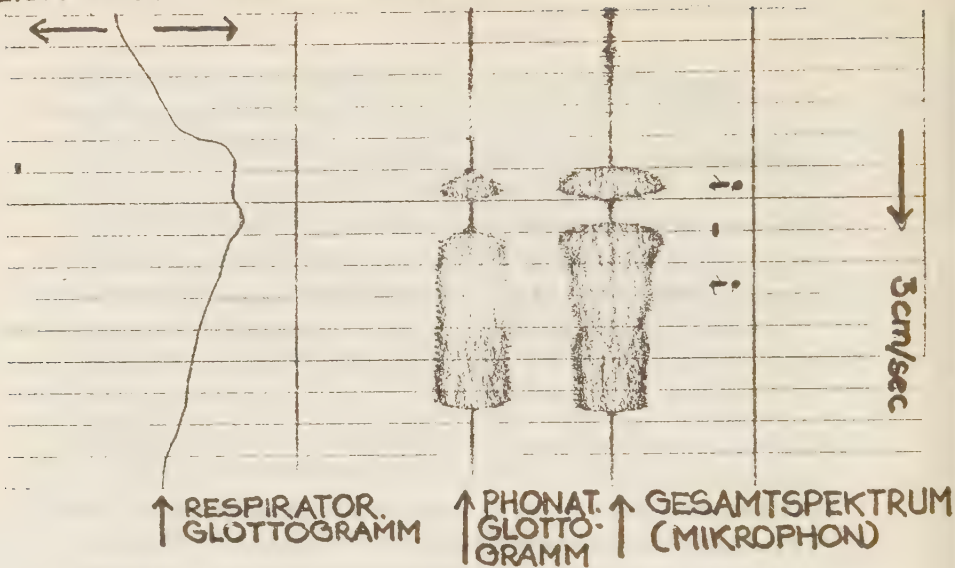
Mit der Glottographie bestehen die Möglichkeiten in der Aufzeichnung

- a) der langsamen Glottisbewegungen = respiratorisches Glottogramm
- b) der schnellen Stimmlippenbewegungen = phonatorisches Glottogramm

Nach der aerodynamischen Theorie der Stimmhaftigkeit eines Lautes schwingen gegebenenfalls die ligamenta vocalia mit, was in entsprechenden Ausschlägen des phonatorischen Glottogramms aufgezeichnet wird. Für die Auswertung unserer Messungen ist hauptsächlich das phonatorische Glottogramm das Kriterium für die Beurteilung der Stimmhaftigkeit. Unmittelbar vor der Registrierung eines stimmhaften Lautes ist in sämtlichen Fällen ein Anstieg im respiratorischen Glottogramm verzeichnet, der einem Glottisschluß entspricht. Nach den heute gültigen Theorien der Stimmbildung ist der Glottisschluß die Voraussetzung für die Entstehung eines stimmhaften Lautes.

Stimmlosigkeit äußert sich im Fehlen der Amplitude im phonatorischen Glottogramm, entsprechend wird ein Abstieg im respiratorischen Glottogramm (= Glottisöffnung) verzeichnet. In allen Fällen fehlen bei Stimmlosigkeit eines Lautes Ausschläge im Laut-Gesamtspektrum, welches synchron zu den Glottisbewegungen registriert wird.

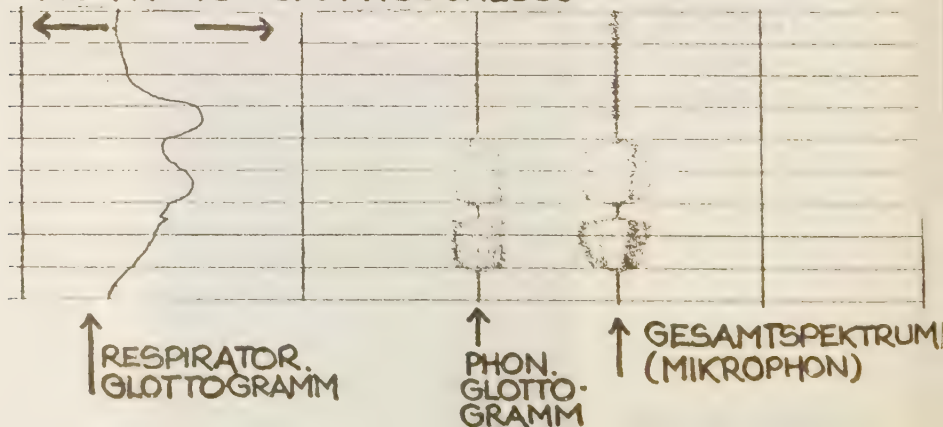
GL.ÖFFNUNG GLOTTISSCHLUSS



oben: i-i. Bemerkenswert, der Abfall im respiratorischen

unten: b in Abend wurde überwiegend stimmlos gesprochen, -. (VP, No. 1, W.M.)

GL.ÖFFNUNG GLOTTISSCHLUSS



ZEICHENERKLÄRUNG

In der Absicht ein übersichtliches Bild der Untersuchungsergebnisse zu vermitteln, ohne Vereinfachungen auf Kosten der Genauigkeit vornehmen zu müssen, verwenden wir bei der Auswertung gewisse Symbole, die uns Auskunft über die Stimmhaftigkeit oder Stimmlosigkeit der Konsonanten geben sollen.

Im Einzelnen besagen die später verwendeten Zeichen folgendes:

- + = volle Stimmhaftigkeit. Die Messungen lassen hier keine andere Aussage zu. Das phonatorische Glottogramm, das respiratorische Glottogramm sowie das Gesamtspektrum, welches über ein Mikrophon eingefangen wird, entsprechen einander.
- + ↗, + ↘ = Stimmhaftigkeit mit großer bzw. kleiner Amplitude. Dieses Phänomen ist für die Beurteilung der Bildung jener stimmhaften Konsonanten von Interesse.
- (+) = bedingt oder gerade noch als stimmhaft zu bezeichnender Konsonant. Hier bestehen zum Teil nur sehr kleine Amplituden im phonatorischen Glottogramm, die möglicherweise durch Herüberziehen des vorausgegangenen Vokals entstehen oder auf einer dialektbedingten Abweichung der Aussprache des Konsonanten beruhen.
- (+) ↗, = die gleichen Erscheinungen wie beim Zeichen
- (+) ↘, (+), nur wird hier ein Abfall oder ein Anstieg dieser geringgradigen Stimmhaftigkeit gemessen.
- = Stimmlosigkeit. Fehlende Registrierung des phonatorischen Glottogramms, ebenso im

Gesamtspektrum, welches über ein Mikrophon aufgefangen wird.

- (-) = bedingt stimmlos. Im Gegensatz zum Symbol (+) liegen bei Verwendung dieses Zeichens weniger Zweifel für die Beurteilung der Stimmlosigkeit vor, als daß hier nur ein sehr kurzer Abschnitt als stimmlos bezeichnet werden kann.

EINZELAUSWERTUNG DER KONSONANTEN

(Messgeschwindigkeit 3 cm/sec)

w : 27 +, 2 (+), 2 (+)_u, 1 -, 1 (-)

w im Testwort "ewe" kann als zweifelsfrei stimmhaft bezeichnet werden. In den beiden Fällen seiner stimmlosen Bildung sind die Versuchspersonen (VP) Bayern, die ein stimmloses v wie f phonieren.

Waage : w = 31 +, 2 +_u, 2 (+)

g = 29 -, 1 (-), 2 +, 2 (+), 1 (+)_u

Bei "Waage" werden gleich zwei Konsonanten untersucht. W war in allen Fällen stimmhaft, davon zweimal ansteigend im phonatorischen Glottogramm.

G wird in fast 90% der Fälle stimmlos gesprochen. Stimmhaft bilden es zwei Bayern, zwei Hessen und ein Niedersachsen.

s : 32 -, 1 +, 1 +_u, 1 (+)

s kann als stimmlos angesehen werden. Stimmhaft sprechen es ein Hesse ebenso wie ein Oberfranke und ein Württemberger.

lesen : l = 34 +, 1 (+)

s = 28 -, 2 (-), 3 +, 2 (+)

l ist stimmhaft.

s ist generell als stimmlos anzusehen. Die gleichen Versuchspersonen, die beim Testwort "ese" ein stimmhaftes s bilden, machen es erneut beim Wort "lesen". Außer Dialekt-eigenarten mag eine fehlerhafte Lautbildung mitspielen, wie sie sich beim Lispeln zeigt.

m : 34 +, 1 -

m ist stimmhaft

Emma: m = 34 +, 1 -

Die Stimmhaftigkeit in "eme" und "Emma" steht außer Zweifel. Es handelt sich um die VP, Nr. 21, einem Niederbayern, der "m" in beiden Fällen stimmlos sprach. Natürlich kann hier eine abgehackte Artikulation zu den fraglichen Lücken im phonatorischen Glottogramm geführt haben. Möglicherweise hat eine gewisse Befangenheit der VP bestanden.

n : 34 +, 1 +_✓

n ist stimmhaft

Anna: n = 34 +, 1 +_✓

n in "Anna" ist stimmhaft.

Der Abfall des n in "ene", sowie der beiden n in "Anna" wird in beiden Fällen bei der VP, Nr. 24, einem Bayern registriert.

l : 30 +, 5 +_✓

lachen: l = 31 +, 3 +_✓, 1 (+)

ch = 35 -, stimmlos

bellen: l = 35 +

Ball : l = 35 +

l ist in allen Fällen stimmhaft gebildet.

Bemerkenswert ist der Anstieg im phonatorischen Glottogramm, wie er in einigen Fällen gefunden wird. Wir werden später hierauf noch einzugehen haben.

r : 23 +, 7 +[↗], 2 (+), 1 (+)_↘, 1 -, 1 (-)

Rachen: r = 33 +, 1 +[↗], 1 (+)

ch = 35 -, stimmlos

knurren: r = 33 +, 1 +[↗], 1 -

r ist als stimmhaft anzusehen. Mit Ausnahme der VP, Nr. 1, einem Münchener wurde "r" im gesamten Untersuchungsprogramm stimmhaft gebildet. Wiederum mag eine Erklärung in einer situationsbedingten Befangenheit der VP zu suchen sein.

b : 32 -, 2 (+), 1 (+)_↘ gesprochen wurde: aba

p : 35 - gesprochen wurde: apa

b und p können generell wohl als stimmlos angesehen werden. Bei der VP, Nr. 16, ist auch bei der schnellen Laufgeschwindigkeit des Teststreifens (10 cm/sec) Stimmhaftigkeit gemessen worden.

d : 28 -, 5 (-), 1 +, 1 +_↘ gesprochen wurde: ada

t : 35 - gesprochen wurde: ata

Für t hat die Stimmlosigkeit in allen Fällen außer Zweifel gestanden. Bei d ist die Frage, stimmlos oder stimmhaft ?, in einigen Fällen nicht einwandfrei zu klären. Ergebnisse von Versuchspersonen, die bei einer Aufzeichnung von 3 cm/sec mit (-), bedingt stimmlos bewertet werden, zeigen sich bei der 10 cm/sec Aufzeichnung als stimmhaft + bzw. (+), bedingt stimmhaft abfallend im phonatorischen Glottogramm.

g : 31 -, 4 (-) gesprochen wurde: aga
k : 35 - gesprochen wurde: aka

k gilt als stimmlos, hingegen ist bei g die Stimmlosigkeit nicht 100%-ig beweisbar. Es sind die Glottogramme einiger Bayern, bei denen wir g mit (-) = bedingt stimmlos, eventuell auch mit (+) = bedingt stimmhaft bewerten können. Versuchspersonen aus dem süddeutschen Raum nehmen gelegentlich eine stimmhafte g-Bildung vor.

Abend: b = 30 -, 2 (-), 1 +, 1 (+), 1 (+)

Das Ergebnis von "aba" wiederholt sich hier. In wenigen Fällen wird b stimmhaft gebildet.

Apache: p = 35 -

ch = 34 -, 1 (+)

p wurde in "Apache" in allen Fällen, ch nur in einem Fall nicht zweifelsfrei stimmlos artikuliert.

Kapitän: p = 34 -, 1 (+)

t = 35 -

p und t werden hier wiederum einwandfrei stimmlos beobachtet. Lediglich von der VP, Nr. 4, wurde p bedingt stimmhaft gebildet. Wir nehmen an, daß es sich um eine ungenaue Artikulation handelt, da sich eine Stimmhaftigkeit bei der schnellen Aufzeichnung nicht wiederholt.

Adam : d = 30 -, 2 (-), 1 +, 1 (+), 1 (+)

d, im Substantiv "Adam", wird überwiegend stimmlos gesprochen. Eine gewisse Stimmhaftigkeit ist jedoch nicht auszuschließen,

zumindest scheint sie regional bedingt zu sein. Versuchspersonen, die d in "Adam" bedingt stimmhaft gebildet haben, zeigen hier vergleichbare Glottographien.

Atem: t = 35 -, in allen Fällen stimmlos

Agathe: g = 34 -, 1 (+)

th = 35 -

g und th werden in fast allen Fällen stimmlos gebildet. Die geringgradig stimmhafte Bildung von g kann nicht zu weiteren Folgerungen Anlaß geben, da die Versuchsperson das g in "Waage" stimmlos spricht.

Affe: f = 35 -, f gilt als stimmlos

Akademie: k = 35 -

d = 21 -, 4 +, 7 (+), 1 (+),₄

m = 35 +

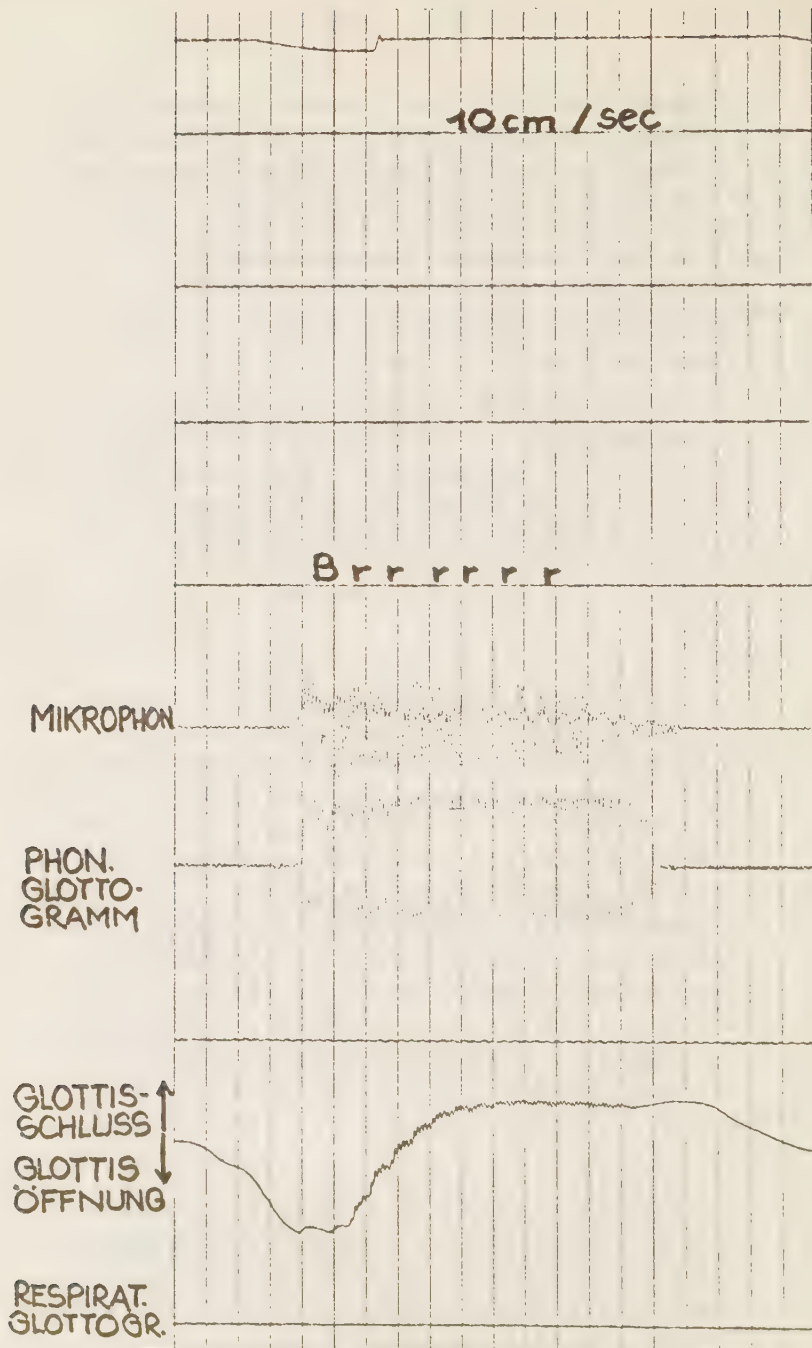
k ist, wie aus dem vorausgegangenen Testwort "aka" vermutet werden konnte, in allen Fällen stimmlos.

Bei d finden wir außer der stimmlosen Bildung durch ca. 60% der Versuchspersonen, zu einem guten Drittel eine stimmhafte d-Bildung. Die stimmhafte Aussprache des d in "Akademie" wurde fast ausschließlich von Bayern vorgenommen, außerdem von einem Niedersachsen, einem Hessen und einem Österreicher.

Kapitän: p = 34 -, 1 (+)

t = 35 -

Wir haben ein zweites Mal das Wort "Kapitän" sprechen lassen. Die Ergebnisse in Bezug auf die Stimmlosigkeit stimmen genau mit denen der ersten Messung überein. Das bedingt stimmhafte p hat die gleiche VP gebildet.



brrr. r ist stimmhaft.

Starke Schwingungen im respirat., wie phonat.
Glottogramm. (VP, No. 14, R.P.)

brrr : 25 +, 10 + ↗

brrr bilden alle Versuchspersonen stimmhaft. Bemerkenswert ist ein kontinuierliches Anschwellen der Amplituden im phonatorischen Glottogramm während der Aufzeichnung. Dieses Phänomen beobachten wir in ca. 24 % der Fälle.

f : 35 -, gesprochen wurde: efe
f gilt als stimmlos

Fenster: f = 35 -

st = 35 -

f und st sind in allen Aufzeichnungen stimmlos beobachtet worden.

v : 16 -, 1 (-), 7 +, 2 +, 7 (+)

v wird zu je 50 % stimmlos bzw. stimmhaft gebildet. Es muß hierbei vermerkt werden, daß keine VP eine Anweisung erhalten hat, wie das Testprogramm zu sprechen sei. Unsere einzige Aufforderung an die Versuchspersonen war es, wie gewöhnlich zu artikulieren. So hat es also an den Versuchspersonen gelegen, ob sie v stimmhaft, wie bei "Vase", oder stimmlos, wie "f" bei "Vater", artikulieren.

ss : 35 -, stimmlos gesprochen wurde: esse

Maas : s = 35 -, stimmlos

z : 35 -, stimmlos gesprochen wurde: eze

Zange : z = 35 -

ng = 30 +, 3 (+), 2 -

ng in "Zange" ist überwiegend stimmhaft gebildet worden. Lediglich die VP, Nr. 21 und

Nr. 22, beides Bayern, haben ng stimmlos gesprochen. Vielleicht ist diese Stimmlosigkeit in einer dialektbedingten Silbenbildung des Wortes "Zange" zu erklären (etwa so: Zan - ge).

ch : 34 -, 1 (+), stimmlos gesprochen wurde: acha

Für die geringgradige Stimmhaftigkeit in einem Fall der Messungen finden wir keine Erklärung. Sie wiederholt sich nicht bei ch in "Sprache".

Sprache: ch = 35 -, stimmlos

sch : 35 -, stimmlos gesprochen wurde: esche

x : 35 -, stimmlos gesprochen wurde: exe

ks : 35 -, stimmlos gesprochen wurde: akse

i - i : 35 +, stimmhaft

i zählt bekanntlich zu den Vokalen und wird als stimmhaft angesehen, was mit unseren eigenen Messungen übereinstimmt.

BEWERTUNG EINZELNER KONSONANTEN NACH EINER
MESSUNG VON 10 cm/sec AUFZEICHNUNGSGESCHWINDIGKEIT

Gewisse Konsonanten unseres Programms erscheinen uns für eine weitere Untersuchung besonders wichtig. Es wird eine höhere Messgeschwindigkeit gewählt, um exaktere Auswertungen vornehmen zu können.

l : 20 +, 15 + ↗ gesprochen wurde: ala

Außer der Bestätigung für die Stimmhaftigkeit des Konsonanten finden wir das phonatorische Glottogramm bei einer großen Zahl der Aufzeichnungen mit einer ansteigenden Amplitude.

r : 22 +, 8 + ↗, 1 + ↘, 3 (-) gesprochen wurde: ara

Die Artikulation von r erfolgt normalerweise stimmhaft. Lediglich bei den VP, Nr. 1, Nr. 24 und Nr. 27, alles Bayern, wird r bedingt stimmlos gesprochen. Die Erklärung hierfür mag in der Eigentümlichkeit der bayrischen Mundart zu finden sein. Bemerkenswert ist noch der Anstieg der Amplituden im phonatorischen Glottogramm bei ca. 20 % der VP, etwa den Aufzeichnungen bei l vergleichbar.

b : 30 -, 2 (-), 1 +, 1 + ↘, 1 (+)
gesprochen wurde: aba

p : 35 - gesprochen wurde: apa

p ist gegenüber b wiederum zweifelsfrei stimmlos. Auch b wird in ca. 90 % der Fälle stimmlos gesprochen. Stimmhaftigkeit haben wir bei zwei Bayern und einem Niedersachsen beobachtet.

10cm/sec

a b a

MIKRO
PHON

PHON.
GLOTTO-
GRAMM

GLOTTIS-
SCHLUSS ↑
GLOTTIS
ÖFFNUNG ↓

b in "aba", ist hier bedingt stimmhaft
gesprochen worden. (VP, No 16)

d : 29 -, 1 (-), 2 +, 2 +_u, 1 (+)
gesprochen wurde: ada

t : 34 -, 1 (-) gesprochen wurde: ata
stimmlos

Eine stimmhafte Artikulation des d sehen wir in 5 Fällen. Diese Messungen ergeben sich vorwiegend bei jenen Versuchspersonen, deren Aufzeichnungen bei der 3 cm/sec Messung nicht den Schluß eindeutiger Stimmlosigkeit zulassen.

g : 28 -, 1 (-), 2 +_u, 4 (+)
gesprochen wurde: aga

k : 35 -, stimmlos gesprochen wurde: aka

Wie aus den vorausgehenden Untersuchungen zu erwarten ist, hat sich für g in mehreren Fällen Stimmhaftigkeit nachweisen lassen. Vier jener VP waren Bayern.

brrr : 26 +, 9 +_u, stimmhaft

Das Ergebnis stimmt mit r in "brrr" bei der Messung mit 3 cm/sec Laufgeschwindigkeit überein (25 +, 10 +_u)

i - i: 30 +, 4 +_u, 1 +_u

Für i finden wir ausnahmslos die Stimmhaftigkeit bestätigt. Erwähnt sei es, daß in vier Fällen der Emission von i - i ein Abfall der Amplituden im phonatorischen Glottogramm zu beobachten ist.

Kapitän : p = 35 -, stimmlos
t = 35 -, stimmlos

Die Stimmlosigkeit für p und t finden wir erneut bestätigt.

- 60 -

10 cm/sec

a - d - a

MIKROPH.

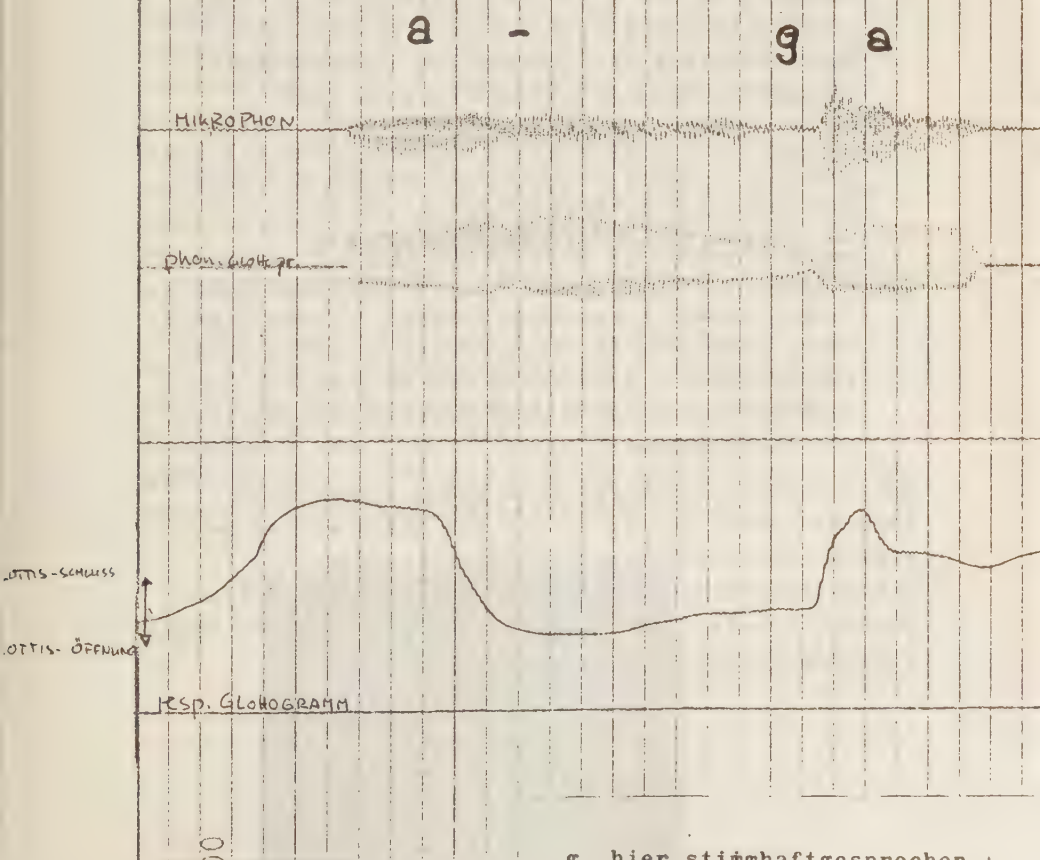
phon. GLOTTIS-RAUSCH

GLOTTIS-SCHL.

GLOTTIS-ÖFFN.

resp. CLOTTOGR.

d ist in diesem Fall stimmhaft
gesprochen, + . (VP, No. 13, T.H.)



g hier stimmhaft gesprochen, + .
(VP, No. 16, K.W.)

DISKUSSION

Vergleich der eigenen Ergebnisse mit bestehenden Theorien über Stimmhaftigkeit und Stimmlosigkeit von Konsonanten.

- p** In p wird ein stimmloser Bilabialverschlußlaut gebildet. Die eigenen Untersuchungen haben zum gleichen Ergebnis geführt.
- b** b, zwischen den Vokalen stehend, soll stimmhaft sein. Die Stimmhaftigkeit haben wir nur in den wenigsten Fällen nachweisen können. Beim Wort "Abend", wo das b in die Vokale a und e eingekleidet ist, hat sich nur in drei Fällen von fünfunddreißig eine eindeutige Stimmhaftigkeit nachweisen lassen, ebenso bei b in "aba".
- t, d** In d sieht von ESSEN eine Stimmhaftigkeit gegenüber t. Diese Meinung wird anhand der eigenen Untersuchungen bestätigt. t weist nie, d in einigen Fällen Stimmhaftigkeit auf.
- g, k** k wird in der Literatur als stimmlos bezeichnet. Hingegen soll g zwischen Vokalen stimmhaft sein. Für k haben wir in allen Fällen Stimmlosigkeit finden können. g zwischen den Vokalen hat jedoch nur in ca. 20 % eine gewisse Stimmhaftigkeit aufgewiesen.

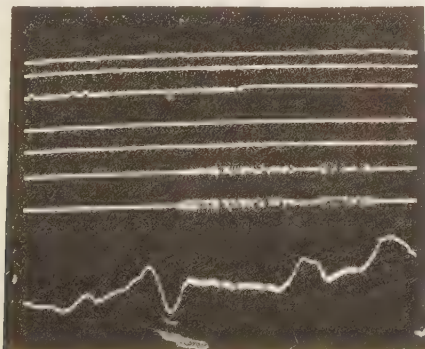
Die Stimmhaftigkeit für w, m und n, sowie die Stimmlosigkeit für f, ss und sch haben wir in den eigenen Untersuchungen bestätigt gefunden. Ein stimmhaftes s, wie es bei dem Verb "lesen" erwartet wird, ist nur in einer geringen Zahl der Fälle gefunden worden.

VALLANCIEN und FAULHABER vertreten in einer Veröffentlichung die Meinung, daß das Glottogramm sofort registrierte, während die Amplitude des Phonogramms langsamer anwuchs und zum Teil auch langsamer wieder abfiel.

VALLANCIEN und FAULHABER haben mit einem Gerät von FABRE experimentiert, welches nicht die Möglichkeit besitzt, getrennt schnelle und langsame Glottisbewegungen zu registrieren.

Aus eigenen Untersuchungen ist zu ersehen, daß langsame Glottisbewegungen (= respiratorische Glottographie), also ein Anstieg in der Kurve, welcher einen Schluß der Glottis bedeutet, $1/10$ bis $2/10$ Sekunden vor einer Phonation registriert wird. Wir können beobachten, daß ein Glottogramm nicht mehr aufgezeichnet wird, während das Phonogramm noch registriert wird. Dieses Phänomen beruht auf einer zeitlich verschobenen Registrierung des Phonogramms, im Vergleich zum Glottogramm, welches direkt auf elektrischem Weg am Kehlkopf gemessen wird. Das Phonogramm hingegen wird über ein Mikrophon registriert, welches 20 cm vor dem Mund angebracht ist.

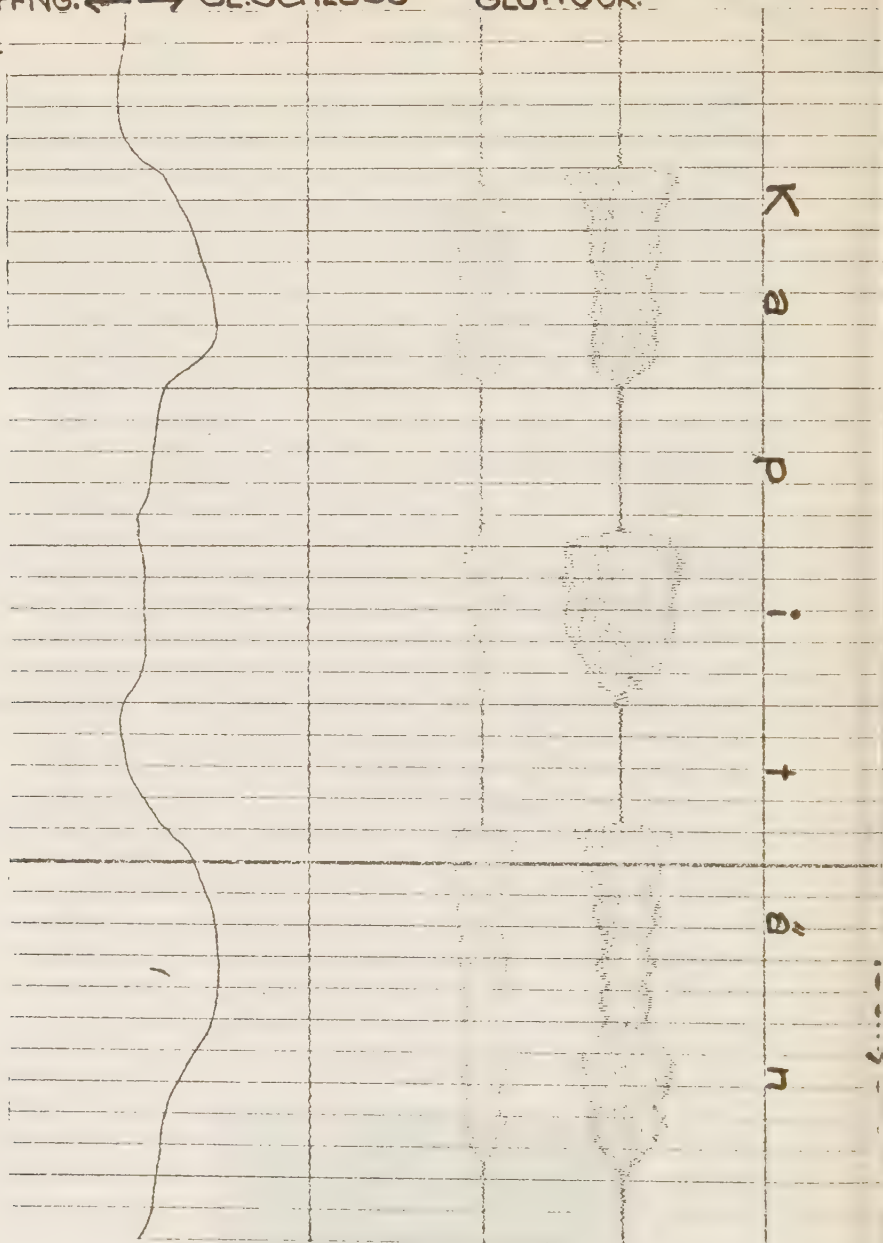
Zur Diskussion hat weiterhin gestanden, ob bei i wenn es zweimal gesprochen wird, die Amplituden in der Mitte der Aufzeichnung abfallen, ohne daß VALLANCIEN und FAULHABER hierfür eine Erklärung geben konnten. Auch diese Beobachtung haben wir in unseren Untersuchungen bestätigen können.



GL.ÖFFNG. ← → GL.SCHLUSS

PHON. GLOTTOGR. MIKROPHON

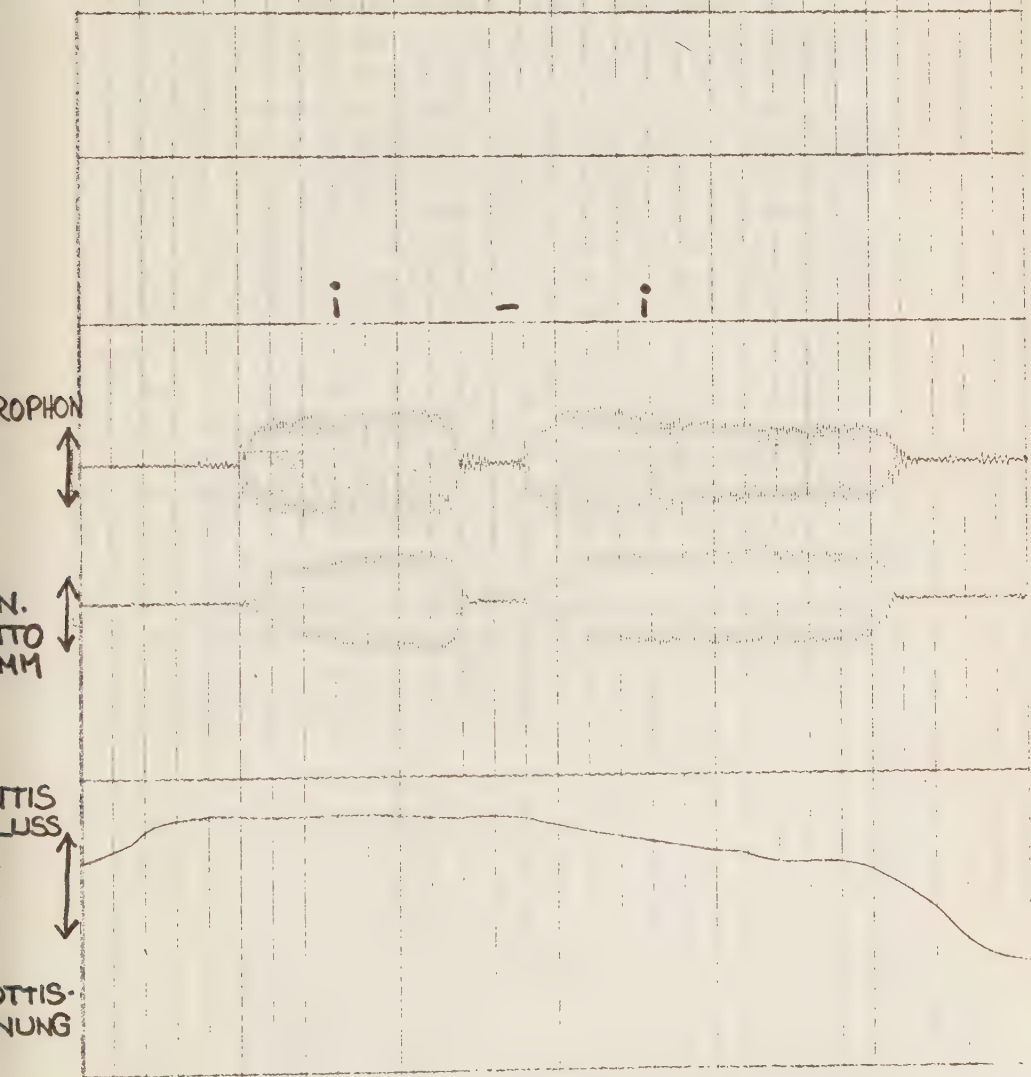
-64-



Kapitän: p und t sind stimmlos.

Das relativ kontinuierliche Glottogramm
kontrastiert zur ungleichmäßigen Re-
gistrierung im Phonogramm. (VP, No! 12, H.W.)

10 cm/sec



i-i: Nachweis für die Stimmhaftigkeit eines Vokales.
 Der Abfall des Respiratorischen Glottogramms in
 der zweiten Hälfte der Emission ist nicht erklär-
 bar. (VP, No! 1, W.M.)

ZUSAMMENFASSUNG

In der Literatur werden viele Möglichkeiten für die Untersuchung der Stimmhaftigkeit eines Lautes genannt. Naturgemäß differieren die Ergebnisse entsprechend der unterschiedlichen Art der verwendeten Messapparate stark. So hat v. WILCZEWSKI 1922 mit einem Labiographen experimentiert und damit die Konsonanten p, b, m, f und v untersucht. P und f wiesen in vielen Fällen in allen Stellungen Stimmhaftigkeit auf. B zum Beispiel soll im Wort Gebet voll stimmhaft sein, bei "bitte" nur schwach, wenn überhaupt stimmhaft.

Bei den eigenen Untersuchungen mit dem Glottographen haben wir für p und f nur eine Stimmlosigkeit finden können. Das Kriterium für die Stimmlosigkeit eines Lautes ist die fehlende Registrierung von Amplituden im Phonogramm wie im Glottogramm gewesen.

Unseren Ergebnissen nach, bietet der Glottograph auf Grund seines technischen Aufbaus eine hochgradig exakte Möglichkeit Untersuchungen über die Stimmbildung durchzuführen.

L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S

- AUBIN, A.: La voix, Paris 1953
- BARTH, E.: Atembewegungen, insbesondere bei
 der Stimmbildung
 . Passow-Schaefers Beiträge, Bd. XXI
- BERENDES, J.: Die Stimmlippenfunktion
 HNO-Heilkunde, Schriftreihe, heraus-
 gegeben von H. Loebell und H. Jacobi
 Heft 14 Phoniatrie, S. 50 - 54 .
- BERENDES, J.: Handbuch der HNO-Heilkunde,
 Bd. I und Bd. II
- BERENDES, J.: Einführung in die Sprachheilkunde
 6. Auflage, Leipzig 1963
- BERENDES, J.: in BERENDES, J., LINK, R., ZÖLLNER, F.
 Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde,
 kurzgefaßtes Handbuch in 3 Bänden
 Bd. II, Teil 2, 1154-1156, Stutt-
 gart 1963
- DENKER, A., KAHLER, O.:
 Handbuch der HNO-Heilkunde
 Bd. I, Berlin 1925
- DUNKER, J., SCHLOSSHAUER, B.:
 Klinische und experimentelle Stu-
 dien über Stimmlippenschwingungen
 Arch. Ohr.-Nas.-Kehlk.-Heilkunde
 172, 363 1958
- ELZE-ROSTOCK: Handbuch der HNO-Heilkunde
 Denker - Kahler, HNO-Heilkunde
 Bd. I 1925
- ESSEN, O.v.: Grundbegriffe der Phonetik
 Berlin 1962
- ESSEN, O.v.: Allgemeine und angewandte Phonetik
 Berlin 1962
- EWALD, J.R.: Zur Kenntnis von Polsterpfeifen
 Pflügers Archiv 152, 171 1913
- FAABOURG - ANDERSON:
 Electromyographic Investigation of
 intrinsiv laryngeal muscles in human
 Acta Physiolog.Scand. 41 140 1957

- FABRE, Ph.: Annales d'oto-laryng.
75 No. 1, 2 767
- FABRE, Ph.: Annales d'oto-laryng.
78 No. 12, 814 - 824
- FABRE, Ph.: Extrait des Comptes des seances de
l'Academie des Siences, 254 4354-56
1962
- FABRE, Ph.: Etude comparée des glottogrammes et
des phonogrammes de la voix humaine
Annales d'oto-laryng. 75 No.1-2, 1958
- FORCHHAMMER, J.:
Stimmbildung auf stimm- und sprach-
physiologischer Grundlage
München 1937
- FRÖSCHELS, E.: Lehrbuch der Sprachheilkunde
Leipzig/Wien 1925
- FRÖSCHELS, E.: Über die Stimmhaftigkeit der Media
bei Deutschösterreichern
Monatszeitschrift für Ohrenheilkunde
1922
- GANZ, H.: Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde
Köln 1967
- GOERTTLER, K.: Die Anordnung, Histologie und Histio-
genese im menschlichen Stimmband
Zeitschrift für Anat. 115, 1952
- GUTZMANN, H.: Physiologie der Stimme und Sprache
Braunschweig 1909
- GUTZMANN, H., LOEWY, A.:
Über den intrapulmonalen Druck und
den Luftverbrauch bei der normalen
Atmung, bei phonetischen Vorgängen
und bei expiratorischer Dyspnoe
Pflügers Archiv 180 111, 1920
- HAJEK : Ges. der Ärzte in Wien
1924
- HELMHOLTZ, H.v.: Die Lehre von den Tonempfindungen
- HERMANN, L.Ü.: Phonographische Untersuchungen
I. Mitt.
Pflügers Archiv 45, 582 1889

- HERMANN, L.Ü.: Phonographische Untersuchungen
II. Mitt.
Pflügers Archiv 47, 44 1890
- HERMANN, L.Ü.: Phonographische Untersuchungen
III. Mitt.
Pflügers Archiv 47, 347 1890
- HOFER, G.: Zur motorischen Innervation des
menschlichen Kehlkopfes
Monatszeitschrift Ohrenheilkunde 81,
57 1947
- HUSSON, R. et TARNEAUD, J.:
Les phénomènes de la voix
Revue française de la Phoniatrie 1,4
1933
- HUSSON, R. et TARNEAUD, J.:
Le mécanisme des cordes vocales
dans la phonation
Revue de laryng. etc. 53, 961 1952
- HUSSON, R.: Sur la physiologie vocale
Annales d'oto-laryng. 2, 1241 1952
- KATZENSTEIN u. du BOIS-REYMOND:
Über Brust- und Falsettstimme
Zeitschrift f. Klin.Med. Bd. 62
- KIRIKAE, J.: Über den Bewegungsvorgang an den
Stimmlippen und die Öffnungs- und
Verschlußzeit der Stimmritze während
der Phonation
Zeitschrift Oto-Rhino-Laryng. 49, 236
Tokio 1943
- LOEBELL, E.: Über Glottographie
Verh. dtsh. Ges. Stimm- und Sprach-
heilkunde, Saarbrücken 1966
- LOEBELL, E.: Über den klinischen Wert der Elektro-
glottographie
Archiv für Ohrenheilkunde 191, S.760
1968
- LOEBELL, E.: Schuluntersuchungen über die Häufig-
keit von Hör- und Sprachstörungen
Tagungsbericht HNO 14.Bd., Heft 10 1966

- LOEBELL, E.: Zur Mitarbeit des Facharztes bei der Rehabilitation Gehör- und Sprachgeschädigter nach dem Bundeshilfegesetz
Mschr. Ohrenheilkunde 98, 126-129, 1964
- LUCHSINGER, R. u. ARNOLD, H.:
Lehrbuch der Stimm- und Sprachheilkunde
II. Auflage Wien 1959
- MUSEHOLD, M.: Stroboskopie und photographische Studien über die Stellung der Stimm lippen in Brust- und Falsettregister
Archiv f. Laryng. 7 1898
- NADOLECZNY, M.: Kurzes Lehrbuch der Sprach- und Stimmheilkunde
Leipzig 1926, S. 202 - 215
- OERTEL, M.J.: Das Laryngoskop und die laryngoskopische Untersuchung
Archiv f. Laryng. 3 1895
- PANCONCELLI-CALZIA, G.:
Stimme und Laute
Jahresbericht über die ges. Physiol.
1922
- PANCONCELLI-CALZIA, G.:
Die experimentelle Phonetik in ihrer Anwendung auf die Sprachwissenschaft
Berlin 1924
- PASSAVANT, Ph.G.:
Über die Verschließung des Schlundes beim Sprechen
Frankfurt a.M. 1868
- POIROT, G.: Phonetisches Handbuch der physiologischen Methodik
1911 Bd. III 6. Abt.
- PRESSMANN, J.: Physiology of the vocal cords in phonation und respiration
Arch. of otolaryng. 35 1942
- RANKE, O. u. LULLIES, H.:
Gehör, Stimme, Sprache 1953

- SCHILLING, R.: Untersuchungen über die Atembewegungen
Monatsschrift f. Ohrenheilkunde 1925
- SCHILLING, R.: Über den Mechanismus der Spannung der
Stimmlippen
HNO Arzt I 31 1931
- SCHILLING, R.: Die Untersuchungsmethoden der Stimme
und Sprache
Denker u. Kahler, Handbuch der HNO-
heilkunde Bd. 1, 861 1925
- SCHLOSSHAUER, B.:
Über die Entstehung und Formveränderung der Stimmlippenschwingungen
HNO-Phon. 14, 35 - 44 1963
- SIEVERS, E.: Grundzüge der Phonetik
Leipzig 1901
- TRENDLENBURG, W.:
Zur Kenntnis des Vokaleinsatzes und
des Glottisschlages
Sitzungsbericht preuß. Akad. Wiss.
Physik. math. kl. Nr. 13 1935
- TRENDLENBURG, W.:
Physiologische Untersuchungen über
Stimmklangbildung
Sitzungsbericht Preuß. Akad. Wiss.
Physik. math. kl. Nr. 31 1935
- TRENDLENBURG, W. u. WULLSTEIN, H.:
Untersuchungen über Stimmbandschwingungen
Sitzungsbericht Preuß. Akad. Wiss.
Physik. math. kl. Nr. 21, 401 1935
- VALLANCIEN, B.: Etude expérimentale de la vibration
de la corde chez l'animal
Aubin, A.: La voix, Paris 1953
- VALLANCIEN, B. u. FAULHABER, J.:
What to think of glottography
Fol. phon. 19, 1 S. 39 - 44 1967
- WEITHASE, I.: Sprechübungen
Köln/Graz 1959

WESTERMANN-WARDS: *Practical Phonetics* 19 - 20 1933

ZENKER, W.: Über die Bindegewebsstrukturen des Kehlkopfes und seines Aufhängeapparates und deren funktionelle Bedeutung für den Kehlkopf
Monatsschrift Ohrenheilkunde 92, 1958

LEBENS LAUF

Am 24. November 1942 wurde ich, Hans-Martin Theopold, als Sohn des Pastors Wolfgang Theopold und seiner Ehefrau Ingeburg, geb. Schröder, in Verden/Aller geboren.

Ostern 1949 begann mein Besuch der Volksschule - im Februar 1963 legte ich das Abitur am Gymnasium in Bad Pyrmont ab.

Im März und April 1963 absolvierte ich den Krankenpflegedienst auf der chirurgischen Abteilung des Kreiskrankenhauses in Hameln.

Mein Medizinstudium begann ich mit dem Sommersemester 1963 in München. Hier legte ich das Vorphysikum im Oktober 1963 und das Physikum im April 1966 ab. Nach meinem 1. klinischen Semester studierte ich für ein Jahr an der med. Fakultät der Sorbonne in Paris. (Wintersemester 1966/67 und Sommersemester 1967)

Während meines Aufenthaltes in Paris famulierte ich in der gynäkologischen und geburtshilflichen Klinik des "Hôtel-Dieu" ebenso wie im "Hôpital Cochin" auf der Chirurgie. Außerdem famulierte ich im August - September 1967 in der der Universität angeschlossenen Frauenklinik "Marika Eliadi" in Athen. Eine weitere Famulatur erfolgte vom 1. bis 15. Oktober 1968 am pathologischen Institut der Universität München.

Vom 5. März bis 16. Juni 1969 legte ich das medizinische Staatsexamen an der Ludwig-Maximilian-Universität in München ab.

Seit dem 1. September 1969 arbeite ich als Medizinalassistent an der I. Frauenklinik.

Herrn Doz. Dr. E. LOEBELL, Leiter der Stimm- und Sprachabteilung an der Hals-, Nasen- und Ohrenklinik, bin ich zu großem Dank verpflichtet für die Stellung des Themas und seine Hilfe und Führung bei der Ausführung dieser Arbeit.

Herrn Prof. Dr. A. HERMANN, Direktor der Klinik und Poliklinik für Hals-, Nasen- und Ohrenleiden an der Universität München, danke ich für die Arbeitsmöglichkeit in seiner Klinik.

Zum Schluß möchte ich es nicht versäumen auch Frau S. HANEL für Ihre freundliche Assistenz bei der Durchführung der Experimente zu danken.

NACHTRAG

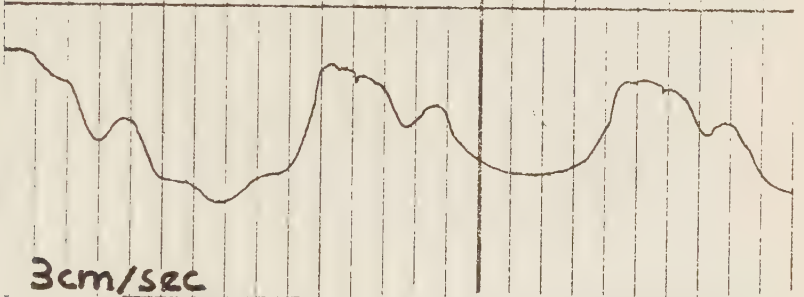
Die folgenden Aufzeichnungen enthalten die wesentlichen Punkte unseres Versuchsprogramms. Sie wurden alle jener Aufzeichnung entnommen, die von der Versuchsperson Nr. 15, G.M., aus Oberfranken gemacht wurde.

Um eine bessere Übersicht zu ermöglichen wurde auf eine ausführliche Zeichenerklärung verzichtet.

Es bedeuten, von oben gesehen:

1. Linie = Mikrophon
2. Linie = phon. Glottographie
3. Linie = respirat. Glottographie

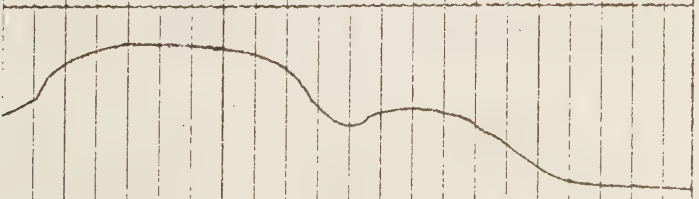
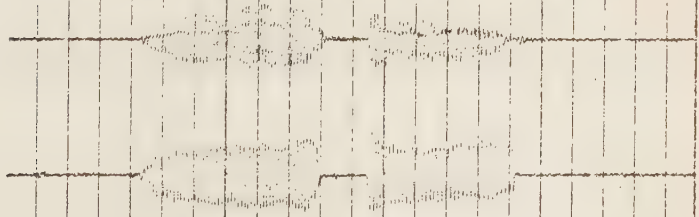
a b a



a

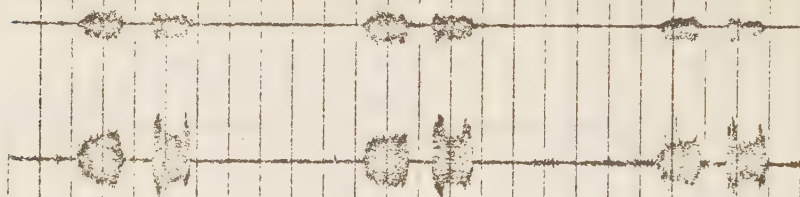
b

a



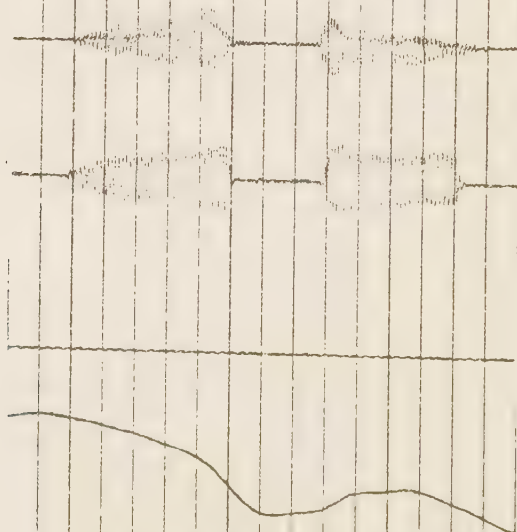
10cm/sec

a-p-a

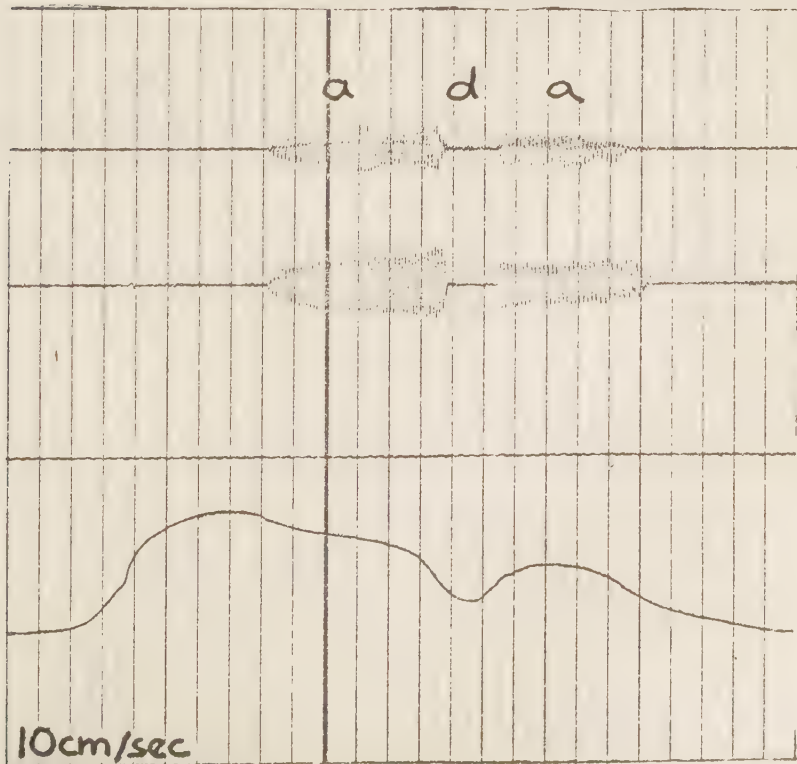
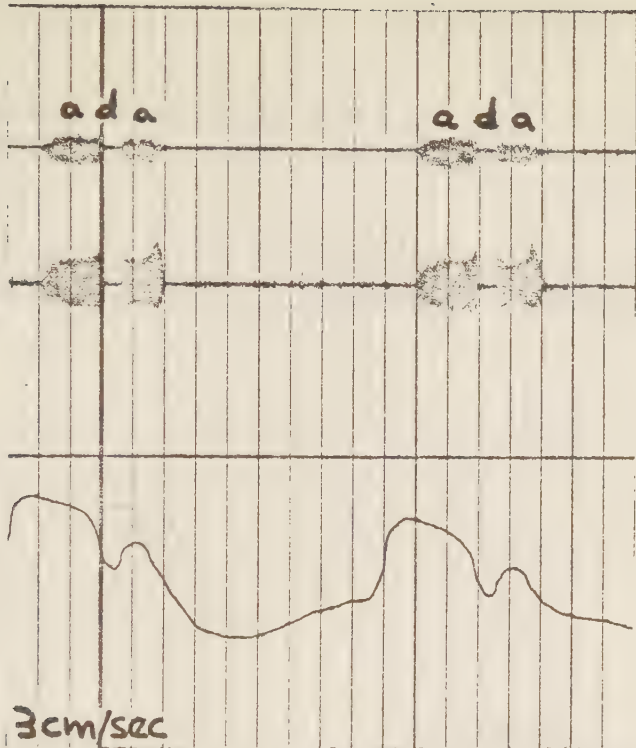


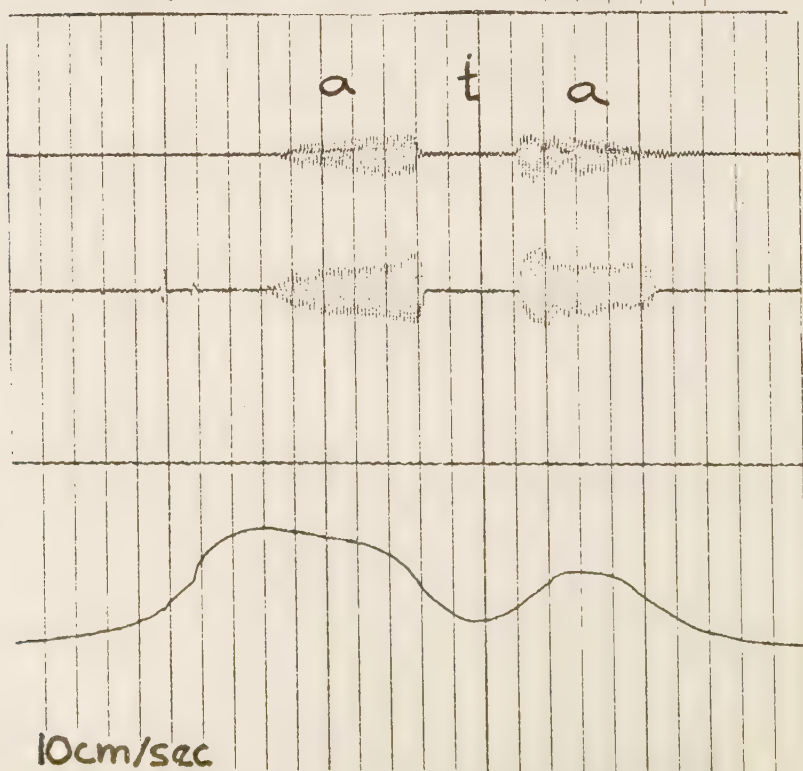
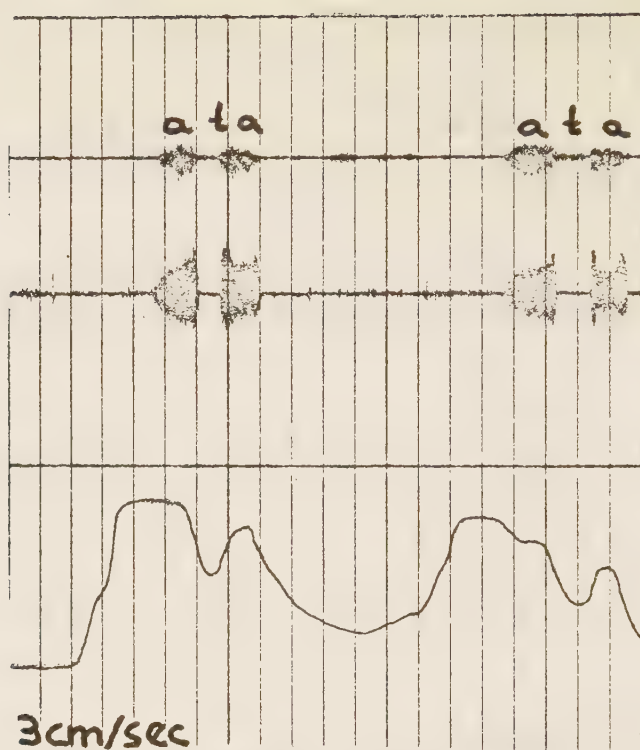
3cm/sec.

a p a

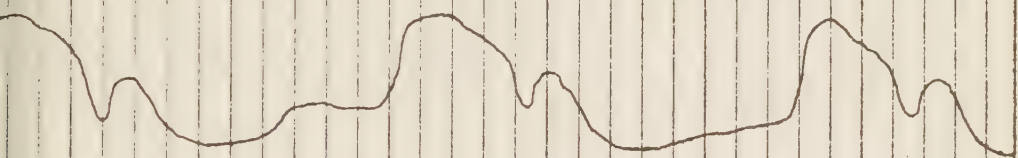
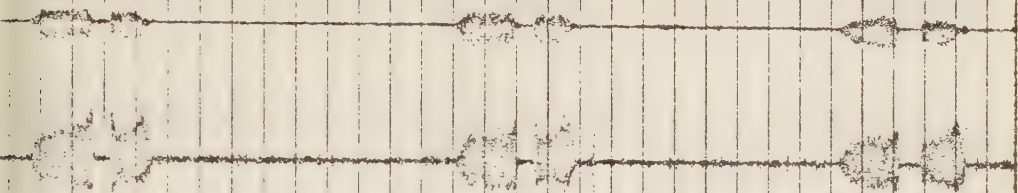


10cm/sec



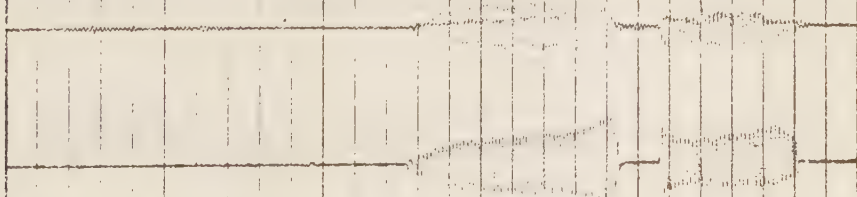


a g a



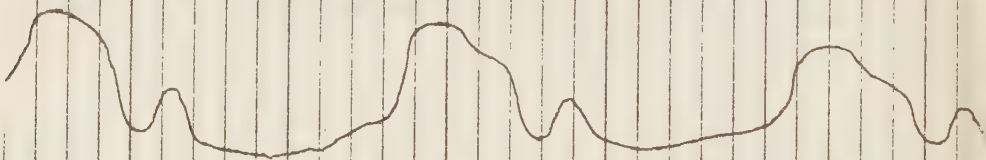
3cm/sec

a g a



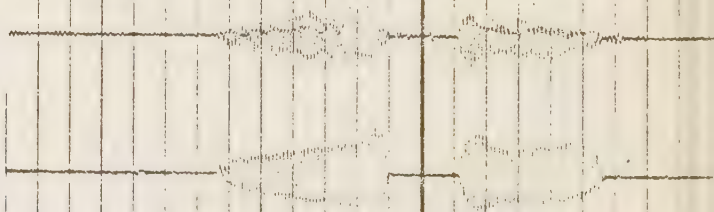
10cm/sec

a k a



3cm/sec

a k a



10cm/sec

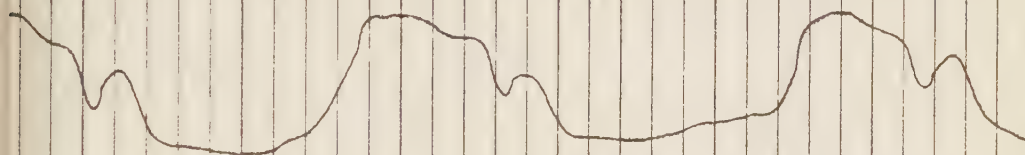
A dam



A dam



A dam

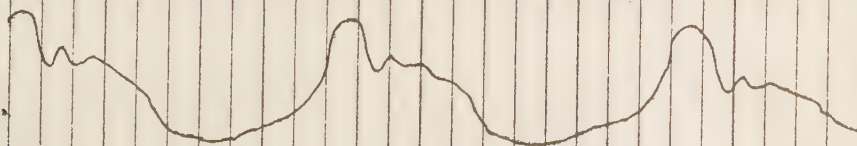


3cm/sec

AKADEMIS



AKADEMIS

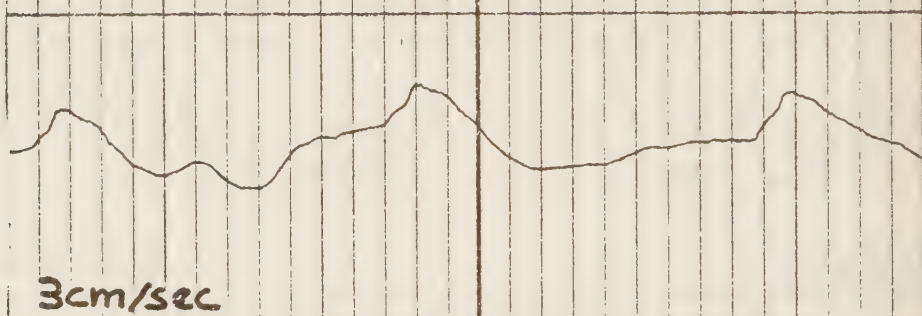


3cm/sec

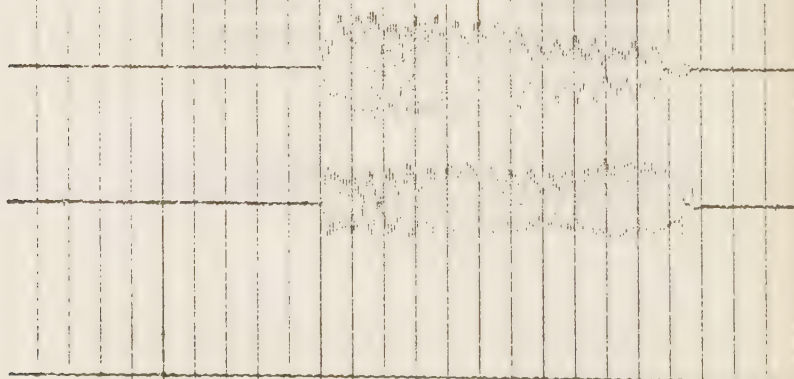
Grrr

Grrr

Grrrrr



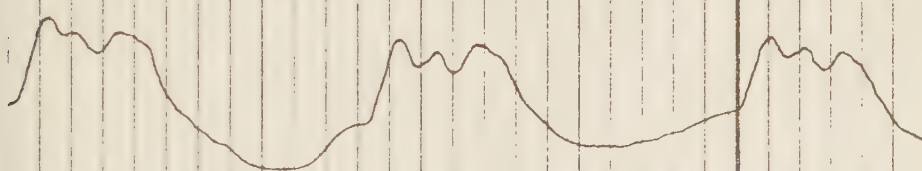
G r r r r r



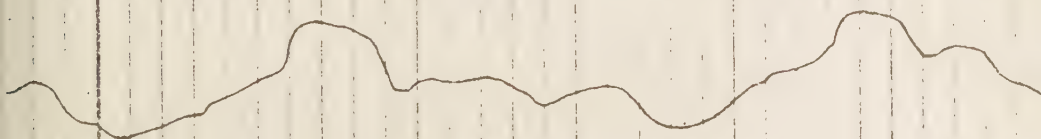
Kapitän

Kapitän

Kapitän



3cm/sec



3cm/sec

